

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUCIANO ALVES

**BIOMASSA E CUMARINA EM ACESSOS DE GUACO SUBMETIDOS À REDUÇÃO DA  
RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E ADUBAÇÃO NITROGENADA**



CURITIBA

2017

LUCIANO ALVES

**BIOMASSA E CUMARINA EM ACESSOS DE GUACO SUBMETIDOS À REDUÇÃO DA  
RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Ciências, no curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Cícero Deschamps

CURITIBA

2017

A474 Alves, Luciano

Biomassa e cumarina em acessos de guaco submetidos à redução da radiação ultravioleta e adubação nitrogenada / Luciano Alves. Curitiba: 2017.  
112 f. il.

Orientador: Cícero Deschamps

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná.

Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal.

1. Guaco - Fisiologia. 2. Mikania - Fisiologia. 3. Plantas medicinais. I. Deschamps, Cícero. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal. III. Título.

CDU 581.1:582.998



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
Setor CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
Programa de Pós-Graduação AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL)

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de LUCIANO ALVES intitulada: **BIOMASSA E CUMARINA EM ACESSOS DE GUACO SUBMETIDOS À REDUÇÃO DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E ADUBAÇÃO NITROGENADA**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

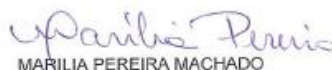
A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 09 de Junho de 2017.



CICERO DESCHAMPS

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)



MARILIA PEREIRA MACHADO

Avaliador Externo (UFPR)



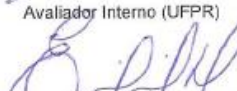
CIRINO CORRÊA JUNIOR

Avaliador Externo (EMATER)



RICARDO AUGUSTO DE OLIVEIRA

Avaliador Interno (UFPR)



ERCLMARCOS DEL QUIQUI

Avaliador Externo (UEM)



VOLNEI PAULETTI

Avaliador Externo (UFPR)

Dedico este trabalho a minha esposa, Andréa, e aos meus filhos Lucas e Alícia, pelo estímulo, apoio, carinho, amor e compreensão.

Aos meus avós, Waldemiro e Tereza e a minha mãe, Gorete (*in memoriam*).

## **AGRADECIMENTOS**

- A Deus, por sempre me acompanhar, guiar e proteger;
- Em especial ao Prof. Dr. Cícero Deschamps pela orientação, dedicação e pelo bom convívio durante o período do Doutorado;
- Ao Prof. Dr. Luiz Alberto Kanis, da Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL) Campus Tubarão, por disponibilizar seu laboratório para a realização das análises de cumarina e auxílio na interpretação dos resultados;
- Aos professores da divisão de produção vegetal do Instituto Federal Catarinense Campus Araquari, pelo apoio e estímulo a realização do curso;
- Aos professores do Instituto Federal Catarinense, e também doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Amanda Moser Coelho da Fonseca Faro, Ivete Maria Grisa, Lauri João Marconatto, Liliane Martins de Brito, Marcos Augusto Paladini dos Santos, Rodrigo Martins Monzani, Teomar Duarte da Silva, Gilmar Paulinho Triches e Rômulo João Debarba, pelos bons momentos, parceria, ensinamentos e amizade;
- Aos colegas do laboratório de ecofisiologia da Universidade Federal do Paraná;
- Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e de Ciência do Solo da UFPR;
- A secretária do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lucimara Antunes, pelo profissionalismo e dedicação;
- A Prof. Dra. Vera Maria Carvalho Silva Santos, que pelo seu exemplo como pessoa e profissional, me serviu de estímulo para me aventurar pelo universo das plantas medicinais;
- Ao Prof. Dr. Juahil Martins de Oliveira Júnior pela ajuda na realização das análises estatísticas;
- Ao Instituto Federal Catarinense, por oportunizar a realização do Doutorado;
- Ao Campus Araquari por não medir esforços para que pudéssemos realizar as atividades referentes ao programa, o meu muito obrigado;
- A CAPES, pelo aporte financeiro;
- A todos, que de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

*“No meio de toda a dificuldade encontra-se a oportunidade”*

*Albert Einstein*



## RESUMO

O Guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) é uma espécie medicinal, originária das Américas central e do sul e utilizada popularmente com função broncodilatadora e expectorante por apresentar em sua composição a cumarina (1,2-benzopirona), uma classe de metabólito secundário que pode sofrer a influência de uma série de fatores em seus processos de síntese e acúmulo, a exemplo das radiações ultravioleta e disponibilidade de nutrientes. Com o objetivo de verificar o efeito de níveis de bloqueio de radiação UV-A e UV-B, fontes e doses de nitrogênio sobre parâmetros morfológicos, bioquímicos e o teor de cumarina em *Mikania glomerata* Spreng, foram realizados três experimentos com dois acessos de guaco denominados de G1 e G2 na fazenda experimental do Instituto Federal Catarinense, localizada no município de Araquari, região norte do Estado de Santa Catarina. Os experimentos foram realizados em esquema fatorial, em condições de campo e em casa de vegetação, durante os anos de 2014 a 2016. No primeiro experimento, realizado a campo com o uso de filmes plásticos com capacidade de bloquear diferentes níveis de radiação UV-A e UV-B incidentes e em um delineamento completamente casualizado em esquema fatorial 2 x 3, observou-se efeito positivo da alta incidência das radiações UV sobre o dossel das plantas em relação à síntese de cumarina, sendo os maiores teores do princípio ativo, 6,19 mg g<sup>-1</sup>, obtidos em folhas jovens e com o acesso G1. Isto está relacionado ao fato de a síntese de cumarina ter como provável sítio a região meristemática, visto que a mesma apresenta-se relacionada a processos de crescimento e desenvolvimento vegetal. No segundo experimento, realizado em casa de vegetação em um delineamento completamente casualizado em esquema fatorial 2 x 4, verificou-se efeito das fontes de nitrogênio sobre os valores dos parâmetros de crescimento, com exceção da altura de planta, não havendo efeito em relação aos teores de cumarina, com valores variando entre 3,03 mg g<sup>-1</sup>, no tratamento com uréia e 2,28 mg g<sup>-1</sup> no tratamento testemunha, tendo como provável causa a baixa influência das fontes avaliadas sobre a atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (F.A.L.), chave no processo de síntese do metabólito. No terceiro experimento, realizado em condições de campo em um delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial 2 X 5 com plantas analisadas aos seis e aos dezoito meses após o plantio, em que avaliou-se o efeito de doses de nitrogênio sobre parâmetros de crescimento e o teor de cumarina em guaco, observou-se que em todos os parâmetros analisados houve efeito quadrático em função das doses de nitrogênio com variações entre as doses de máxima eficiência técnica. No cultivo realizado por seis meses, os acessos de *Mikania glomerata* Spreng apresentaram valores superiores de cumarina em kg ha<sup>-1</sup> além de apresentarem teores de cumarina dentro dos padrões exigidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária quando cultivados nas doses de 130g N planta<sup>-1</sup> para o acesso G1 e de 106g N planta<sup>-1</sup> para o acesso G2, recomendando-se, desta forma, o cultivo das plantas por um período de seis meses com a indicação de plantio para o mês de Outubro.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Mikania glomerata* Spreng., 1,2-benzopirona, metabolismo secundário, compostos fenólicos, fertilizantes, plasticultura.

## ABSTRACT

Guaco (*Mikania glomerata* Spreng) is a medicinal species, originating in Central and South America and popularly used as bronchodilator and expectorant because it contains coumarin (1,2-benzopyrone), a secondary metabolite class that can suffer the influence of a number of factors in their processes of synthesis and accumulation, such as ultraviolet radiation and nutrient availability. In order to verify the effect of UV-A and UV-B blocking levels, nitrogen sources and doses on morphological, biochemical parameters and coumarin content in *Mikania glomerata* Spreng, three experiments were performed with two guaco accesses denominated G1 and G2 in the experimental farm of the Catarinense Federal Institute, located in the municipality of Araquari, northern region of the State of Santa Catarina. The experiments were carried out in a factorial scheme, under field and greenhouse conditions, during the years 2014 to 2016. In the first experiment, carried out in the field with the use of plastic films with the capacity to block different levels of UV-A radiation and UV-B and in a completely randomized design in a 2 x 3 factorial scheme, there was a positive effect of the high UV radiation on the canopy of the plants in relation to the coumarin synthesis, with the highest levels of the active principle being 6,19 mg g<sup>-1</sup>, obtained in young leaves and with G1 access. This is related to the fact that the coumarin synthesis has as probable site the meristematic region, since it is related to processes of plant growth and development. In the second experiment, conducted in a greenhouse in a completely randomized design in a 2 x 4 factorial scheme, nitrogen sources were observed on the values of growth parameters, except for plant height, with no effect in relation to the values of coumarin, with values ranging from 3,03 mg g<sup>-1</sup>, in the urea treatment and 2.28 mg g<sup>-1</sup> in the control treatment, with probable cause being the low influence of the sources evaluated on the activity of the enzyme phenylalanine ammonia-lyase (FAL), key in the process of metabolite synthesis. In the third experiment, conducted under field conditions in a randomized block design in a 2 x 5 factorial scheme with plants analyzed at six and eighteen months after planting, in which the effect of nitrogen doses on growth parameters and the content of coumarin in guaco, it was observed that in all the analyzed parameters there was quadratic effect as a function of the nitrogen doses with variations between the doses of maximum technical efficiency. In the cultivation carried out for six months, the *Mikania glomerata* Spreng accesses had higher values of coumarin in kg ha<sup>-1</sup> and also had coumarin levels within the standards required by the National Sanitary Surveillance Agency when cultivated at 130g N plant<sup>-1</sup> for the G1 access and 106g N plant<sup>-1</sup> for the G2 access, thus recommending the cultivation of the plants for a period of six months with the indication of planting for the month of October.

**KEYWORDS:** *Mikania glomerata* Spreng., 1,2-benzopyrone, Secondary metabolism, Phenolic compounds, fertilizers, plasticulture

## LISTA DE FIGURAS

### 2. REVISÃO DA LITERATURA

#### 2.3. GUACO (*Mikania glomerata* Spreng.)

**Figura 1.** Plasticidade fenotípica (a) e detalhes do capítulo (b) de *Mikania glomerata* Sprengel (Adaptado de SILVA JÚNIOR et al., 2015)..... 24

**Figura 2.** Detalhe das folhas (a) e aspecto geral (b) de *Mikania glomerata* Sprengel (Adaptado de SILVA JÚNIOR, 2006)..... 24

#### 2.4. CUMARINAS

**Figura 3.** Estrutura química da Cumarina (1-2 benzopirona). Adaptado de Soares (2002)..... 28

**Figura 4.** Via de síntese dos metabólitos secundários. (SANTOS, 2003)..... 28

**Figura 5.** Biossíntese de cumarina (adaptado de CZELUSNIAK, et al., 2012; SCIO, 2003)..... 29

### CAPÍTULO 3 - EFEITO DE NÍVEIS DE BLOQUEIO DE RADIAÇÃO UV-A E UV-B NO ACÚMULO DE BIOMASSA E PRODUÇÃO DE CUMARINA EM GUACO.

**Figura 1.** Aspecto da produção de mudas de *Mikania glomerata* Spreng. Araquari - SC, 2014..... 48

**Figura 2.** Aspecto da condução, em vasos de polietileno, de mudas de *Mikania glomerata* Spreng. Araquari - SC, 2014..... 49

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 3.</b> Túneis construídos com filmes plásticos com capacidade de bloquear diferentes frações das radiações UV-A e UV-B incidentes sobre as plantas. Araquari -SC, 2014..... | 50 |
|---|----|

## **CAPÍTULO 5 - EFEITO DE DOSES DE NITROGÊNIO SOBRE PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E SÍNTESE DE CUMARINA EM GUACO.**

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Massa seca de folhas ( $\text{g planta}^{-1}$ ), de acessos de <i>Mikania glomerata</i> Spreng, submetido a diferentes doses de nitrogênio e cultivados por 6 meses. Araquari – SC, 2015..... | 86 |
|--|----|

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 2.</b> Massa seca de folhas ( $\text{g planta}^{-1}$ ), de acessos de <i>Mikania glomerata</i> Spreng, submetido a diferentes doses de nitrogênio e cultivados por 18 meses. Araquari – SC, 2016..... | 86 |
|---|----|

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 3.</b> Área foliar ( $\text{m}^2 \text{ planta}^{-1}$ ) de acessos de <i>Mikania glomerata</i> Spreng, submetidos a diferentes doses de nitrogênio e cultivados por 6 meses. Araquari – SC, 2015..... | 87 |
|---|----|

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 4.</b> Área foliar ( $\text{m}^2 \text{ planta}^{-1}$ ) de acessos de <i>Mikania glomerata</i> Spreng, submetidos a diferentes doses de nitrogênio e cultivados por 18 meses. Araquari – SC, 2016..... | 87 |
|--|----|

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 5.</b> Teor de cumarina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) de acessos de <i>Mikania glomerata</i> Spreng, submetido a diferentes doses de nitrogênio e cultivados por 6 meses. Araquari – SC, 2015..... | 88 |
|---|----|

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 6.</b> Teor de cumarina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) de acessos de <i>Mikania glomerata</i> Spreng, submetido a diferentes doses de nitrogênio aos 18 meses após o plantio. Araquari – SC, 2016..... | 90 |
|--|----|

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 3 - EFEITO DE NÍVEIS DE BLOQUEIO DE RADIAÇÃO UV-A E UV-B NO ACÚMULO DE BIOMASSA E PRODUÇÃO DE CUMARINA EM GUACO.

**Tabela 1.** Altura da parte aérea, área foliar ( $\text{cm}^2$ ) e massa seca de ramos, folhas e total (g.) de acessos de guaco (*Mikania glomerata* Spreng) submetidos a diferentes níveis de bloqueio das radiações solar UV-A e UV-B incidentes. Araquari – SC, 2014..... 52

**Tabela 2.** Teor de cumarina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) em folhas coletadas dos segmentos apical, mediano e basal de acessos de guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) submetidos a diferentes níveis de bloqueio das radiações UV-A e UV-B incidentes. Araquari – SC, 2014..... 53

**Tabela 3.** Teor de cumarina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) em folhas coletadas dos segmentos apical, mediano e basal e teor médio de cumarina, entre os acessos avaliados, sem considerar os segmentos vegetais, de guaco (*Mikania glomerata* Spreng.), submetido a diferentes níveis de bloqueio das radiações UV-A e UV-B incidentes. Araquari – SC, 2014..... 54

### CAPÍTULO 4 - FONTES NITROGENADAS E SUAS RELAÇÕES COM PARÂMETROS DE CRESCIMENTO, BIOQUÍMICOS E TEOR DE CUMARINA EM GUACO.

**Tabela 1.** Altura da parte aérea (cm), área foliar ( $\text{m}^2$ ), massa seca de caule e total (g.), de acessos de guaco (*Mikania glomerata* Spreng), fertilizados com diferentes fontes de nitrogênio. Araquari – SC, 2016..... 68

**Tabela 2.** Massa seca de folha (g.), de acessos de guaco (*Mikania glomerata* Spreng), cultivados com diferentes fontes de nitrogênio. Araquari – SC, 2016..... 68

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 3.</b> Teores de aminoácidos (mg/g tecido) e proteínas (mg/g tecido) de acessos de guaco ( <i>Mikania glomerata</i> Spreng.), cultivados com diferentes fontes de nitrogênio. Araquari – SC, 2016..... | 70 |
|--|----|

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 4.</b> Teores de nitrogênio foliar (g Kg <sup>-1</sup> ) de acessos de Guaco ( <i>Mikania glomerata</i> Spreng.) cultivados com diferentes fontes de nitrogênio. Araquari – SC, 2016..... | 71 |
|---|----|

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 5.</b> Teores de cumarina (mg g <sup>-1</sup> ) e (FAL) fenilalanina amônia liase (mmol de ác. cinâmico h <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup> MF) de acessos de guaco ( <i>Mikania glomerata</i> Spreng.) cultivados com diferentes fontes de nitrogênio. Araquari – SC, 2016..... | 71 |
|--|----|

## **CAPÍTULO 5 - EFEITO DE DOSES DE NITROGÊNIO SOBRE PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E SÍNTESE DE CUMARINA EM GUACO.**

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 1.</b> Valores de massa seca total (g planta <sup>-1</sup> ) de acessos de Guaco ( <i>Mikania glomerata</i> Spreng.) cultivados com diferentes doses de nitrogênio, durante 6 e 18 meses após o plantio. Araquari – SC, 2016..... | 84 |
|---|----|

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 2.</b> Valores de massa seca total (g planta <sup>-1</sup> ) de acessos de Guaco ( <i>Mikania glomerata</i> Spreng.) cultivados com diferentes doses de nitrogênio aos 18 meses após o plantio. Araquari – SC, 2016..... | 85 |
|--|----|

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1.INTRODUÇÃO GERAL.....</b>   | <b>14</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>18</b> |
| <br>   |           |
| <b>2. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>   | <b>20</b> |
| <b>2.1. PLANTAS MEDICINAIS – HISTÓRICO.....</b>  | <b>20</b> |
| <b>2.2. PLANTAS MEDICINAIS NO BRASIL.....</b>  | <b>21</b> |
| <b>2.3. GUACO (<i>Mikania glomerata Spreng.</i>).....</b>  | <b>23</b> |
| <b>2.4. CUMARINAS.....</b>   | <b>27</b> |
| <b>2.5. RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA.....</b>   | <b>30</b> |
| <b>2.6. NITROGÊNIO.....</b>  | <b>32</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>35</b> |
| <br>   |           |
| <b>3. EFEITO DE NÍVEIS DE BLOQUEIO DE RADIAÇÃO UV-A E UV-B NO<br/>ACÚMULO DE BIOMASSA E PRODUÇÃO DE CUMARINA EM<br/>GUACO.....</b> | <b>44</b> |
| <br>   |           |
| RESUMO.....  | 44        |
| ABSTRACT.....  | 45        |
| 3.1. INTRODUÇÃO.....   | 46        |
| 3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....   | 47        |
| 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 51        |
| 3.4. CONCLUSÕES.....   | 56        |
| REFERÊNCIAS.....   | 57        |
| <br>   |           |
| <b>4. FONTES NITROGENADAS E SUAS RELAÇÕES COM PARÂMETROS DE<br/>CRESCIMENTO, BIOQUÍMICOS E TEOR DE CUMARINA EM<br/>GUACO.....</b>  | <b>61</b> |
| <br>   |           |
| RESUMO.....  | 61        |
| ABSTRACT.....  | 62        |
| 4.1. INTRODUÇÃO.....   | 63        |
| 4.2. MATERIAL E MÉTODOS.....   | 64        |
| 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 68        |
| 4.4. CONCLUSÕES.....   | 73        |
| REFERÊNCIAS.....   | 74        |
| <br>   |           |
| <b>5. EFEITO DE DOSES DE NITROGÊNIO SOBRE PARÂMETROS<br/>MORFOLOGICOS E SÍNTESE DE CUMARINA EM<br/>GUACO.....</b>                  | <b>77</b> |
| <br>   |           |
| RESUMO.....  | 77        |
| ABSTRACT.....  | 78        |

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| 5.1. INTRODUÇÃO.....             | 79        |
| 5.2. MATERIAL E MÉTODOS.....     | 81        |
| 5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 84        |
| 5.4. CONCLUSÕES.....             | 92        |
| REFERÊNCIAS.....                 | 93        |
| <b>6. CONCLUSÕES GERAIS.....</b> | <b>96</b> |
| REFERÊNCIAS GERAIS.....          | 97        |



## 1. INTRODUÇÃO GERAL

As plantas têm sido utilizadas desde a antiguidade com o objetivo de curar doenças e promover melhorias nas condições de saúde e bem estar.

Desde cerca de 3000 anos a.C, os imperadores chineses já faziam o uso do ginseng (*Panax spp.*) como planta medicinal. Em seu livro “Cânone das Ervas”, datado de 2800 anos a.C, o imperador chinês *Huang Ti* já fazia menção ao uso de 252 plantas pela população. No Egito, o médico Im-hotep fazia o uso de plantas medicinais com seus pacientes. No Brasil, o uso de plantas medicinais remonta a época do descobrimento, com os indígenas utilizando as plantas em seus rituais de cura e adoração (BRAGA, 2011).

Até meados do século XX, o Brasil apresentava características predominantemente agrícolas, usando de forma bastante ampla sua flora medicinal, tanto nativa quanto a introduzida, tendo a medicina popular brasileira, transmitida e aprimorada dentre as gerações, o reflexo da união étnica dos conhecimentos compartilhados pelos povos nativos e imigrantes que ao Brasil aportaram (LORENZI; MATOS, 2002).

De acordo com Braga (2011), a organização do conhecimento relativo às plantas medicinais brasileiras foi realizada em diferentes trabalhos, com destaque para “*Matéria Médica Brasileira*” de Manuel Freire Allemão de Cysneiros (1862 a 1864); “*Formulário Oficial e Magistral*” de José Ricardo Pires de Almeida em 1877 e a “*Farmacopéia Brasileira*” de 1929, publicada por Rodolpho Albino Dias da Silva.

Considerado um dos países com maiores perspectivas para a exploração da biodiversidade no planeta, estima-se que o Brasil possua cerca de 25% das espécies vegetais de ocorrência em países tropicais, sendo que somente cerca de 1% das espécies nativas brasileiras foram estudadas quanto ao seu potencial de uso bioeconômico (BRAGA, 2002) .

Em maio de 2005, a Organização Mundial da Saúde, com o objetivo de estimular o desenvolvimento de políticas públicas com o objetivo de inserir a mesma no sistema oficial de saúde de 191 países, dentre eles o Brasil, criou o documento “Política Nacional de Medicina Tradicional e Regulamentação de Medicamentos Fitoterápicos”, em que se discute a situação mundial com relação às políticas de medicina tradicional e fitoterápicos,

1 incluindo o Brasil, dentre outros parâmetros, pelo fato da riqueza com relação à flora  
2 encontrada em nosso território (BRASIL, 2006).

3 No Brasil, o uso das plantas medicinais sofreu um grande impulso por meio do  
4 Decreto Federal nº 5.813, de 22 de Junho de 2006, que instituiu a Política Nacional de  
5 Plantas Medicinais e Fitoterápicos, parte essencial das políticas públicas de saúde que  
6 tem como objetivo principal promover melhorias na qualidade de vida da população  
7 brasileira.

8 As ações decorrentes desta política são imprescindíveis para a melhoria do acesso  
9 da população as plantas medicinais e aos fitoterápicos, à inclusão social e regional, ao  
10 desenvolvimento industrial e tecnológico, à promoção da segurança alimentar e  
11 nutricional, além do uso sustentável da biodiversidade brasileira e da valorização e  
12 preservação do conhecimento tradicional associado das comunidades e povos  
13 tradicionais (BRASIL, 2009).

14 No Brasil, grande parte das plantas medicinais comercializadas são obtidas através  
15 do extrativismo, ao contrário de países como Argentina, China, Hungria, Índia, Polônia e  
16 Espanha, em que as mesmas são originárias de áreas de cultivo (LOURENZANI, et al.,  
17 2004; FAO, 2004).

18 No ano de 2008, de acordo com dados da *International Medical Statistics*, o  
19 comércio mundial de plantas medicinais movimentou cerca de 25 bilhões de dólares,  
20 sendo que deste total, a participação da América latina correspondeu a aproximadamente  
21 5%, contra 33% da Europa, 25% da Ásia e 24% dos Estados Unidos.

22 Dentre as espécies comercializadas, destaque para o Guaco, (*Mikania glomerata*  
23 *Spreng*), planta medicinal descrita na primeira farmacopéia brasileira e indicada pelo SUS  
24 (Sistema único de Saúde), para o uso como fitoterápico na rede pública de saúde para o  
25 tratamento de doenças relacionadas ao sistema respiratório, devido à espécie apresentar,  
26 em sua composição, a cumarina, (1,2 - benzopirona), além de outros compostos como o  
27 ácido caurenóico, ácido cinamolglândiflóroco, estgmasterol, friedelina, lupeol e  
28 siringaldeído (OSÓRIO; MARTINS, 2004; PEDROSO et al., 2008).

29 De acordo com dados de Carvalho et al. (2008), *Mikania glomerata* está entre as  
30 principais espécies vegetais com maior número de derivados registrados como  
31 fitoterápicos simples, sendo, dentre as espécies nativas, a que mais apresenta registros  
32 de medicamentos, com um total de quatorze.

1        Devido ao fato da espécie apresentar aroma agradável e semelhante ao da  
2        baunilha, tem sido também utilizada na indústria para a correção de sabor e odor, tanto  
3        em alimentos quanto em bebidas (DO AMARAL et al., 2009).

4        Por se tratar de uma classe de metabólitos secundários, a cumarina sofre a  
5        influência de uma série de fatores em seus processos de síntese e acúmulo nos órgãos  
6        vegetais, a exemplo das variações sazonais e circadianas, processos bioquímicos,  
7        radiação ultravioleta, disponibilidade de nutrientes e água no solo, coleta e estocagem,  
8        parte da planta utilizada, processo de extração, existindo uma relação direta entre a  
9        intensidade e qualidade luminosa sobre a síntese dos metabólitos, visto que todas as  
10       substâncias produzidas pelas plantas apresentam envolvimento direto com a fotossíntese  
11       (CZELUSNIAK, et al.; 2012; CORRÊA JÚNIOR, et al., 2011; PAUL et al., 2005;  
12       BASSMAN, 2004).

13       Desta forma, é de fundamental importância o conhecimento dos fatores que  
14       influenciam a produção e o acúmulo dos metabólitos secundários - com o objetivo de se  
15       otimizar a produção e garantir a qualidade dos fitoterápicos produzidos - principalmente  
16       em relação a espécies nativas, visto que, apesar da riqueza da flora brasileira e da ampla  
17       utilização por parte da população das plantas medicinais, escassos são os estudos  
18       científicos relacionados ao tema, tornando-se necessário o seu estímulo tendo em vista a  
19       importância dos seus resultados, tanto do ponto de vista individual, como social  
20       (FERREIRA, 1998).

21       Com base nos dados acima mencionados, e devido à escassez de estudos  
22       relativos à espécie, foi proposto o referido projeto de tese que teve como objetivos avaliar  
23       o efeito de níveis de radiação ultravioleta, bem como o de fontes e doses de adubação  
24       nitrogenada sobre os teores de cumarina em dois acessos de *Mikania glomerata* Spreng.

25       Para se chegar aos objetivos, foram realizados três experimentos, sendo dois em  
26       condições de campo e um em casa de vegetação, todos realizados na fazenda  
27       experimental do Instituto Federal Catarinense, localizado no município de Araquari, região  
28       norte do Estado de Santa Catarina, com coordenadas geográficas 26°23'39.25"S e  
29       48°44'04.30"O e em um clima classificado, de acordo com Köppen, como cfa, com  
30       temperatura média anual de 21.1°C e pluviosidade média anual de 1745 mm.

31       O primeiro experimento, com objetivo avaliar o efeito de diferentes níveis de  
32       bloqueio de radiação UV-A e UV-B sobre parâmetros morfológicos e o teor de cumarina

nos acessos de *M. glomerata* avaliados, foi realizado com o auxílio de filmes plásticos com capacidade de bloquear diferentes frações das radiações solar UV-A e UV-B incidentes sobre as plantas.

O segundo experimento consistiu da análise do efeito de diferentes doses de adubação nitrogenada, na forma de nitrato de amônio, sobre os parâmetros morfológicos e os teores de cumarina na espécie. Por não haver protocolo de recomendação de adubação para a espécie, e devido à similaridade de crescimento e morfologia, utilizou-se como padrão a recomendação de adubação para a cultura do maracujazeiro. Este experimento teve uma duração de 18 meses, sendo conduzido em sistema de espaldadeira.

Um terceiro experimento foi realizado em casa de vegetação com o intuito de se avaliar o efeito de diferentes fontes de adubação nitrogenada nas formas de nitrato de amônio, sulfato de amônio e uréia, sobre parâmetros morfológicos, bioquímicos e teor de cumarina nos dois acessos de *M. glomerata* avaliados.

Para facilitar a leitura e compreensão do trabalho desenvolvido, a tese foi dividida em revisão da literatura e três capítulos, sendo eles:

**Capítulo 1:** Efeito de níveis de bloqueio de radiação UV-A e UV-B no acúmulo de biomassa e produção de cumarina em guaco.

**Capítulo 2:** Fontes nitrogenadas e suas relações com parâmetros de crescimento, bioquímicos e teor de cumarina em guaco.

**Capítulo 3:** Efeito de doses de nitrogênio sobre parâmetros morfológicos e síntese de cumarina em guaco.

## REFERÊNCIAS

- BASSMAN, J.H. Ecosystem consequences of enhanced solar ultraviolet radiation: secondary plant metabolites as mediators of multiple trophic interactions in terrestrial plant communities. **Photochemistry and Photobiology**, v. 79, n. 5, p. 382-398, 2004.
- BRAGA, C.M. **Histórico da utilização de plantas medicinais**. 24 f. Trabalho de graduação (Licenciatura em Biologia) – Setor de ciências biológicas. Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- BRAGA, S.O. Uso sustentável da biodiversidade amazônica. In: VELLOSO, J.P.R.; ALBUQUERQUE, R.C. (organizadores). **Amazônia vazia de soluções?: Desenvolvimento moderno baseado na biodiversidade**. Rio de Janeiro, José Olympio, 2002.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. **Programa nacional de plantas medicinais e fitoterápicos** / Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. – Brasília : Ministério da Saúde, 136 f, 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica. **A fitoterapia no SUS e o programa de pesquisa de plantas medicinais da central de medicamentos** / Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. – Brasília : Ministério da Saúde, 148 f, 2006.
- BRASIL. Decreto nº 5.813, de 22 de junho de 2006. **Aprova a política nacional de plantas medicinais e fitoterápicos e dá outras providências**. Disponível em: < <http://portalsaude.saude.gov.br/dicas-de-saude/404.html>>. Acesso em: 15 jan. 2017.
- CARVALHO, A.C.B; BALBINO, E. E.; MACIEL, A.; PERFEITO, J. P. Situação do registro de medicamentos fitoterápicos no Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 2, p. 314-319, 2008.
- CORREIA JÚNIOR, C.; SCHEFFER, M.C.; MAGALHÃES, P.M.; GRAÇA, C.; MATSUSHITA, M.S. DESCHAMPS, C. **O guaco (*Mikania laevigata* Schultz Bip. Ex Baker), aspectos agronômicos e fitoquímicos**. Curitiba: Instituto Emater, 2011, 36 p.: il. Color.
- CZELUSNIAK, K.E.; BROCCO, E.; PEREIRA, A.; PEREIRA, D.F.; FREITAS, G.B.L. Farmacobotânica, fitoquímica e farmacologia do Guaco: revisão considerando *Mikania glomerata* Sprengel e *Mikania laevigata* Schultze Bip. ex Baker. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 14, n. 2, p. 400-409, 2012.
- DO AMARAL, M.P.H.; PIRES VIEIRA, F., LEITE, M. N., DO AMARAL, L. H., PINHEIRO, L. C., FONSECA, B. G.; PEREIRA, M.C.S.; VAREJÃO, E. V. Determinação do teor de

1 cumarina no xarope de guaco armazenado em diferentes temperaturas. **Brazilian Journal**  
2 **of Pharmacognosy**, v. 19, n. 2B, p. 607-611, 2009.

3  
4 FAO. Food And Agriculture Organization of the United Nations. **Trade in medicinal**  
5 **plants**. Roma, 2004. Disponível em:  
6 <<http://www.fao.org/docrep/008/af285e/af285e00.HTM>> Acesso em: 12 dez. 2016.

7  
8 FERREIRA, S.H. (Org.). **Medicamentos a partir de plantas medicinais no Brasil**. Rio  
9 de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1998, 131 p.

10  
11 LOURENZANI, A.E.B.S.; LOURENZANI, W.L.; BATALHA, M.O. Barreiras e oportunidades  
12 na comercialização de plantas medicinais provenientes da agricultura  
13 familiar. **Informações Econômicas**, v. 34, n. 3, p. 15-25, 2004.

14  
15 LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**.  
16 Instituto Plantarum, Nova Odessa-SP, 544p, 2002.

17  
18 OSÓRIO C.A., MARTINS J.L.S. 2004. Determinação de cumarina em extrato fluido e  
19 tintura de guaco por espectrofotometria derivada de primeira ordem. **Revista Brasileira**  
20 **de Ciência Farmacêutica**, 40: 481-486.

21  
22 PAUL, N.D.; JACOBSON, R.J.; TAYLOR, A.; WARGENT, J.J.; MOORE, P. The use of  
23 wavelength-selective plastic cladding materials in horticulture: understanding of crop and  
24 fungal responses through the assessment of biological spectral weighting functions.  
25 **Photochemistry and photobiology**. Volume 81, Issue 5, pages 1052–1060, September  
26 2005

27  
28 PEDROSO, A.P.D. SANTOS, S.C.; STEIL, A.A.; DESCHAMPS, F.; BARISON, A.;  
29 CAMPOS, F.; BIAVATTI, M.W. Isolation of syringaldehyde from *Mikania laevigata*  
30 medicinal extract and its influence on the fatty acid profile of mice. **Revista Brasileira de**  
31 **Farmacognósia**. 18: 63-69, 2008.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. PLANTAS MEDICINAIS - HISTÓRICO

A utilização de plantas com finalidade terapêutica remonta a origem da humanidade, como demonstra a presença de grãos de pólen de plantas medicinais encontrados em fósseis datados de cerca de 60 mil anos (BONNET, 1998).

Por volta de 5.000 a.C., os chineses já eram detentores de um grande número de drogas derivadas de plantas. Por volta de 2.700 a.C., o imperador Shen Nung havia compilado mais de 300 espécies de plantas medicinais, assim como os povos babilônicos, assírios, hebreus, gregos e egípcios (PIRES, 1984).

Relatos encontrados no papiro Erbs, datado de cerca de 1.500 a. C. e considerado um dos tratados médicos mais importantes do antigo Egito, citam a utilização e uso de um vasto número de espécies de plantas medicinais na prevenção, tratamento e cura das mais diversas enfermidades (CAETANO et al., 2014; ANDRADE et al., 2007).

No Brasil, a história das plantas medicinais é atribuída ao Padre José de Anchieta e a outros jesuítas que citam, dentre outros, o uso, por povos indígenas, de cipós com propriedades anestésicas utilizados em atividades de caça (PIRES, 1984).

Os séculos XVIII e XIX foram marcados por uma série de levantamentos, efetuados por naturalistas, sobre os potenciais de uso de plantas nativas, a exemplos dos brasileiros Alexandre Rodrigues Ferreira, que percorreu imensas áreas das regiões da Amazônia e Pantanal, bem como de Frei Mariano Velloz, responsável pelo primeiro relato da flora do Estado do Rio de Janeiro (BRANDÃO, 2010).

Apesar da participação de naturalistas brasileiros no levantamento da flora medicinal Brasileira, grande parte deste foi realizado por estrangeiros devido, além da escassez de recursos, também a abertura dos portos as nações amigas ocorrido em 1808, bem como pela influência, a partir de 1817, de D. Leopoldina, primeira esposa do Imperador D. Pedro I e que apresentava grande interesse pela área da botânica (FILGUEIRAS, 1990).

Dentre estes naturalistas, citam-se o alemão Theodoro Peckolt e o Francês Auguste de Saint-Hilaire.

Theodoro Peckolt (1822 - 1912), por intermédio do naturalista Carl Friedrich Philip von Martius, foi convidado a estudar a flora tropical. Em setembro de 1884, começou a explorar a flora brasileira, viajando pelas províncias dos Estados do Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, percorrendo grande parte do vale do rio Paraíba e as margens dos rios Pomba e Doce, bem como grande parte do Estado de Minas Gerais. Como farmacêutico da Escola de Medicina do Rio de Janeiro, realizou a análise quantitativa de cerca de 500 extratos de plantas da flora Brasileira, a exemplo do Guaraná da Amazônia. Grande parte de seu trabalho encontra-se no Museu Nacional do Rio de Janeiro e museus da Alemanha, Estocolmo e Upsala (DOS SANTOS et al., 1998).

Auguste de Saint-Hilaire (1779-1853), que percorreu entre os anos de 1816 e 1822 o interior do Brasil, passando pelos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Goiás, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, coletou mais de sete mil espécies de plantas, sendo que destas, cerca de quatro mil e quinhentas novas, além de descrever uma série de novos gêneros botânicos, estando, todo o acervo coletado pelo naturalista depositado no museu de história natural de Paris (BRANDÃO et al., 2008).

## 2.2. PLANTAS MEDICINAIS NO BRASIL

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), planta medicinal é “todo e qualquer vegetal que possui, em um ou mais órgãos, substâncias que podem ser utilizadas com fins terapêuticos ou que sejam precursoras de fármacos semi-sintéticos” (WHO, 1998).

Embora a medicina moderna esteja desenvolvida em grande parte do mundo, a Organização Mundial de Saúde reconhece que cerca de 80% da população mundial faz o uso de práticas tradicionais no tratamento de doenças, e que destes, aproximadamente 85% utiliza plantas medicinais ou suas preparações, sendo que no Brasil, 82% da população faz uso de produtos a base de plantas medicinais para o tratamento das mais diversas enfermidades (RODRIGUES; DE SIMONI, 2010; BRASIL, 2006).

De acordo com Lorenzi e Matos (2002), a prática da utilização de plantas medicinais é transmitida de geração em geração de acordo com hábitos e costumes locais, deixando muitas vezes subentendida a impressão de que o seu uso não ocasiona nenhum tipo de riscos à saúde.



1 As populações de países pobres utilizam as plantas medicinais em detrimento de  
2 medicamentos tradicionais principalmente por aspectos culturais, bem como devido a  
3 dificuldades financeiras e de ordem geográficas que dificultam o acesso a medicamentos  
4 tradicionais comercializados por grandes laboratórios (VEIGA-JUNIOR, 2008).

5 Desta forma, as plantas medicinais constituem um recurso da biodiversidade  
6 amplamente utilizado por comunidades locais em práticas populares e tradicionais como  
7 remédios caseiros e comunitários, processo conhecido como medicina tradicional (LEÃO,  
8 et al., 2007; PINTO et al., 2006; ROQUE et al., 2010; OLIVEIRA, et al., 2010; VEIGA  
9 JÚNIOR, 2008).

10 Nos anos 40 do século XX, o uso de plantas medicinais foi considerado como uma  
11 prática de base não científica, impulsionada pelo desenvolvimento da indústria  
12 farmacêutica e pelo enfoque tecnicista adotado pela comunidade acadêmica nos cursos  
13 voltados a área da saúde (VIEIRA, 2006).

14 Com o desenvolvimento científico e tecnológico e uma série de problemas e efeitos  
15 colaterais causados aos pacientes pelo uso de medicamentos alopáticos, além do alto  
16 custo e o acesso a um número cada vez mais restrito de pessoas, houve o ressurgimento  
17 do uso e indicação de produtos fitoterápicos pela população e profissionais de saúde  
18 (VIEIRA, 2006).

19 Com esta nova tendência quanto ao uso das plantas medicinais, surgiu à  
20 necessidade do desenvolvimento de pesquisas nas áreas da saúde e ciências agrárias  
21 com o intuito de fornecer informações relativas aos sistemas de cultivo e preparo de  
22 formulações dentro dos padrões de qualidade exigidos (SANTOS, 2003).

23 Para o desenvolvimento destes estudos, mostra-se importante efetuar o  
24 levantamento das espécies medicinais de cada região fitogeográfica do Brasil, além de se  
25 estudar os conhecimentos e usos tradicionais das plantas medicinais com os objetivos de  
26 se efetuar o resgate do patrimônio cultural tradicional, assegurando sua manutenção;  
27 estimulando o uso através do desenvolvimento de remédios caseiros de baixo custo, bem  
28 como da utilização do conhecimento tradicional em processos industriais (AMOROZO,  
29 1996; SIMÕES et al., 1999).

30 Vários são os relatos de estudos abordando o uso e costumes relativos às plantas  
31 medicinais no Brasil e no mundo (CUSSY-POMA, 2017; GOH, 2017; DA COSTA, 2017;

1 GANDOLFO e HANAZAKI, 2011; JACOBY et al., 2009; FUCK et al., 2005; MORAIS,  
2 2007).

3 Kayani et al. (2014) em estudo abordando o uso de plantas medicinais no  
4 tratamento de doenças do sistema respiratório entre os habitantes de Abbottabad, região  
5 norte do Paquistão, reportaram o uso pela população de 120 espécies de plantas  
6 medicinais distribuídas em 90 gêneros pertencentes a 51 famílias botânicas utilizadas no  
7 tratamento de 25 distúrbios de origem respiratória, dentre estas *Allium sativum* L.;  
8 *Artemisia annua* L.; *Cannabis sativa* L.; *Ficus benghalensis* L.; *Tussilago farfara* L. e *Viola*  
9 *betonicifolia* Sm.

10 Giraldi e Hanazaki (2010), em estudo etnobotânico avaliando o uso e conhecimento  
11 tradicional de plantas medicinais pela comunidade do sertão do Ribeirão, na cidade de  
12 Florianópolis, Estado de Santa Catarina identificaram 114 espécies de plantas medicinais  
13 distribuídas em 48 famílias botânicas, dentre elas o sabugueiro, (*Sambucus* sp.),  
14 pertencente à família *Adoxacea*; *Alternanthera* (*Alternanthera brasiliensis* (L.) Kuntze)  
15 família *Amaranthaceae*; Funcho (*Foeniculum vulgare* Mill.), família *Apiaceae*; Guaco  
16 (*Mikania* sp.), família *Asteraceae*; Mestruço (*Coronopus didymus* L.), família  
17 *Brassicaceae*; Pata-de-vaca (*Bauhinia forficata* Link), família *Fabaceae*; Canela –  
18 sassafrás (*Ocotea odorifera* Rohwer), família *Lauraceae* e Arruda (*Ruta graveolens* L.),  
19 família *Rutaceae*, indicadas respectivamente para o tratamento de doenças infecciosas e  
20 parasitárias; lesões, envenenamento e outras consequências de causas externas;  
21 doenças do sistema digestivo; doenças do sistema respiratório; doenças do sistema  
22 osteomuscular; doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas; doenças do sistema  
23 nervoso e doenças do sistema genitourinário.

24

### 25 2.3. GUACO (*Mikania glomerata* Spreng.)

26

27 *Mikania glomerata* Spreng., pertencente à família *Asteraceae*, representada por  
28 aproximadamente 1500 gêneros e cerca de 2400 espécies, está inserida no gênero  
29 *Mikania*, que abrange cerca de 430 espécies, com ampla distribuição pelas regiões  
30 neotropicais (GASPARETTO et al., 2010).

31 É uma planta perene, trepadeira, com caule volúvel; ramos lenhosos, cilíndricos,  
32 castanhos e glabros; folhas opostas, pecioladas, membranáceas, glabras, de margem

1 lisa, e de cor verde; inflorescência em capítulos sésseis, reunidos em glomérulos  
 2 globosos ou oblongos, no ápice dos ramos; flores brancacentas e fruto tipo aquênio e  
 3 conhecida popularmente como guaco, guaco – de - cheiro, guaco - liso, guaco-trepador,  
 4 uaco, cipó- almecega-cabeludo, cipó-catinga, cipó-sucuriçu, coração-de-jesus, erva-cobre,  
 5 erva-das-serpentes, erva-de-cobra, erva-de-sapo e erva-dutra (Figuras 1 e 2) (RADÜNZ  
 6 et al., 2014; LORENZI, 2002).



(a)



(b)

**Figura 1.** Plasticidade fenotípica (a) e detalhes do capítulo (b) de *Mikania glomerata* Sprengel (Adaptado de SILVA JÚNIOR et al., 2015).



(a)



(b)

**Figura 2.** Detalhe das folhas (a) e aspecto geral (b) de *Mikania glomerata* Sprengel (Adaptado de SILVA JÚNIOR, 2006)

A espécie é comumente encontrada habitando as margens de rios, se desenvolvendo espontaneamente em matas primárias, capoeiras e áreas sujeitas a inundação, apresentando também boa adaptação ao cultivo. Quanto as suas flores, estas são muito procuradas pelas abelhas durante o período de floração. A reprodução da espécie pode ser realizada através da técnica da estaquia ou via semente, sendo neste caso, baixa a taxa de germinação devido à ocorrência de um grande número de capítulos não fecundados. Quanto ao tipo de solo, os muito úmidos e os arenosos muito secos são inadequados, preferindo solos ricos em matéria orgânica (CORRÊA JÚNIOR et al., 1994; RIO GRANDE DO SUL, 1993).

Utilizada popularmente com fins medicinais, a espécie é empregada principalmente com função broncodilatadora e expectorante, sendo útil no controle de afecções do aparelho respiratório; no controle de nevralgias; como sudorífera; febrífuga; depurativa e cicatrizante (SGUAREZI et al., 2017; MATSUSHITA et al., 2015).

Apesar de possuir várias indicações terapêuticas populares, somente a ação broncodilatadora, antitussígena, expectorante e anti-edematogênica sobre as vias respiratórias foram comprovadas, sendo a espécie indicada para uso nos programas de fitoterapia em saúde pública desde o ano de 2008. (RENISUS, 2009).

Descrita na 1ª edição da farmacopéia Brasileira de 1929, a espécie apresenta-se inserida na Relação de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (RENISUS), constituída por espécies vegetais com potencial de avançar na cadeia produtiva e de gerar produtos de interesse ao Sistema Único de Saúde (SUS) e ao ministério da saúde, sendo as espécies vegetais pré-selecionadas por regiões que referenciavam seus usos por indicações (RENISUS, 2009).

Além de *Mikania glomerata* Spreng., a espécie *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker também está descrita em farmacopéias, sendo também indicadas quanto ao uso pelo SUS através da RENISUS, apesar de haver uma série de outras espécies do gênero *Mikania*, também popularmente conhecidas como guaco, amplamente utilizadas pela população, a exemplo de *Mikania cordifolia*, *Mikania scandens* Willd., *Mikania officinalis* Mart. e *Mikania opifera* DC (RITTER; MIOTTO, 2005; BOTSARIS, 2007).

Em se tratando de *M. glomerata* e *M. laevigata* é bastante comum o uso equivocado das espécies devido principalmente a grande similaridade morfológica ou plasticidade fenotípica entre as mesmas, sendo que em *M. glomerata* os lóbulos foliares

são mais proeminentes. Além disto, ambas as espécies apresentam teores de cumarina semelhantes e odor característico, indicativo da presença do metabólito (BOLINA et al., 2009; DOS SANTOS et al., 2006).

A principal diferença entre as espécies relatadas por diversos autores está relacionada à época de florescimento, o que de acordo com Napimogaa e Yatsuda (2010), *M. glomerata* usualmente floresce no mês de janeiro e *M. laevigata* no mês de setembro. Já Corrêa Júnior et al. (2011) cita como período de florescimento para *M. glomerata* o período entre agosto e dezembro e para *M. laevigata* entre agosto a novembro.

Normalmente apresentam baixos níveis de óleos essenciais nas folhas, sendo o componente principal do óleo o espatulenol, com teores médios de 23,7%, sendo este constituinte encontrado no óleo essencial de uma série de outras espécies, a exemplo das pertencentes ao gênero *Baccharis* (MORAIS; CASTANHA, 2011; FARIAS et al., 1998).

Em se tratando de plantas medicinais, em sua maioria, a demanda crescente da indústria por material vegetal tem sido suprida através da técnica do extrativismo, principalmente para o caso de espécies nativas, como é o exemplo do Guaco (*Mikania glomerata* Spreng.), o que pode comprometer a sobrevivência da espécie, reduzindo a sua diversidade genética, bem como a dos ecossistemas envolvidos.

Desta forma, faz-se necessário a adoção, por instituições de pesquisa, de medidas de conservação e preservação de espécies medicinais, uma vez que a perda de material genético com características distintas dentro de uma espécie ocorre de maneira freqüente e de forma bastante discreta, sendo o estímulo ao cultivo de variedades selecionadas uma destas ações (MARTINS; OLIVEIRA, 2004).

No Brasil, o Estado do Paraná destaca-se por sua tradição no cultivo de espécies medicinais, iniciado a cerca de 100 anos na região metropolitana de Curitiba com o cultivo da camomila (*Matricaria chamomilla*). O cultivo e estímulo a produção de plantas medicinais por órgãos de pesquisa e extensão, a exemplo da EMATER, fez com que o Estado torna-se referência no cultivo de espécies medicinais no País, sendo responsável, no ano de 1994, pelo fornecimento de cerca de 90% da demanda nacional por espécies medicinais cultivadas, contribuindo, além da geração de emprego, renda e fixação do homem no campo, por estimular uma agricultura com bases ecológicas e sustentáveis (CORRÊA JÚNIOR; SCHEFFER, 2004).

Matsushita et al., (2015), analisando a produção e comercialização do Guaco (*Mikania laevigata* Schultz Bip. Ex Baker) na região sul do Estado do Paraná, em um fragmento florestal localizado na bacia hidrográfica do Rio Verde, compreendida entre os municípios de Campo Largo, Campo Magro, Balsa Nova e Araucária, verificou que o cultivo da espécie proporcionou ao produtor um lucro superior a 40 vezes quando comparado ao sistema extrativista, sem considerar os custos iniciais para a implantação da área.

Além disto, os autores destacam que o cultivo proporciona a obtenção de material padronizado, com ramos e folhas de qualidade superior por serem produzidos em ambiente com controle dos fatores de produção.

## 2.4. CUMARINAS

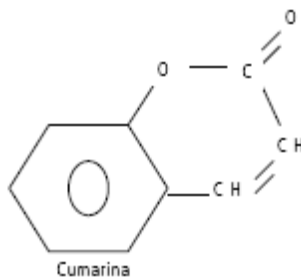
As cumarinas são uma classe de metabólitos secundários encontradas em diferentes partes vegetais como folhas, caules, frutos e raízes, e em uma ampla variedade de espécies pertencentes às famílias *Apiaceae*, *Rutaceae*, *Gramineae*, *Asteraceae* dentre outras (RIBEIRO; KAPLAN, 2002).

São uma classe de metabólitos secundários pertencentes ao grupo dos compostos fenólicos - substâncias caracterizadas por apresentarem em sua estrutura um anel benzênico com pelo menos um grupamento hidroxila – sendo substâncias reconhecidamente importantes nos mecanismos de defesa das plantas contra o ataque de fitopatógenos, como demonstrado em estudos realizados por Kröner et al. (2012).

Vigo-Schultz et al. (2006), em experimento avaliando a eficácia da tintura etanólica de *M. glomerata* no controle da podridão negra em couve flor causada por *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, verificaram o efeito inibitório do extrato sobre o patógeno tanto *in vitro* quanto em plantas inoculadas com 25 dias de idade, indicando o potencial da tintura de guaco para o controle da podridão negra na espécie.

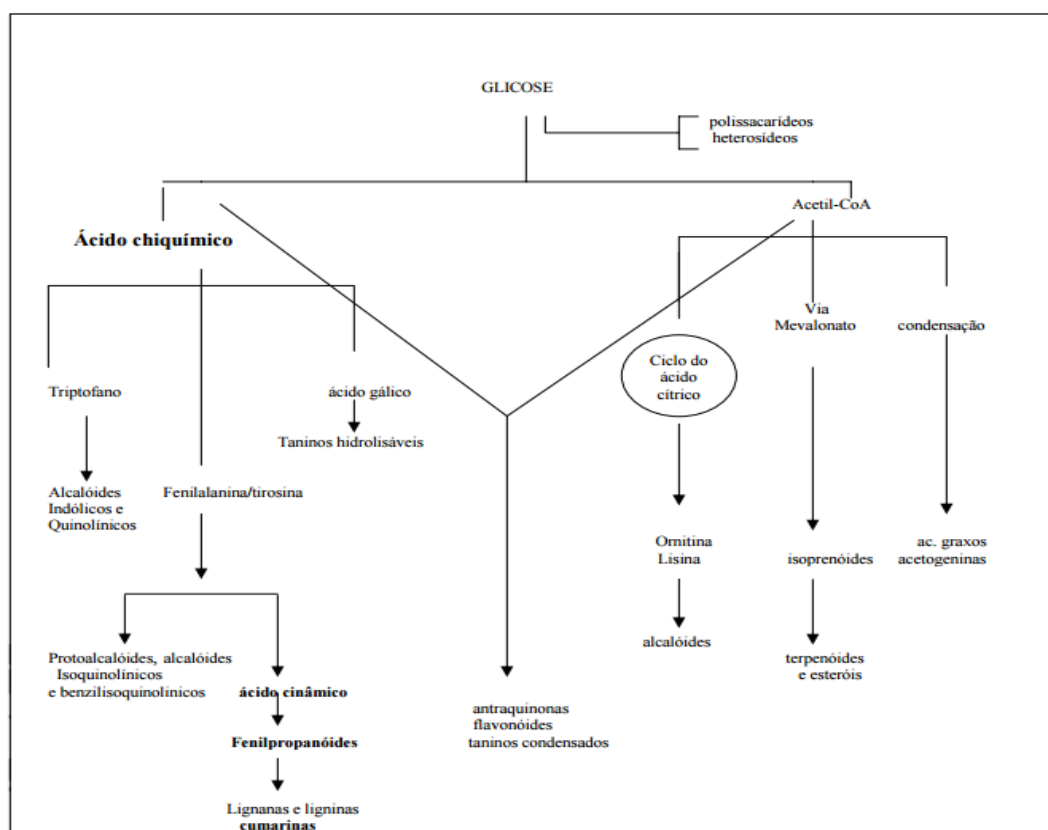
É considerada a principal substância ativa do guaco (*Mikania glomerata* Spreng.), sendo classificada como um marcador químico para o controle da qualidade de formulações a base da espécie (BRASIL, 2004).

Estruturalmente, são lactonas do ácido o-hidroxicinâmico, sendo o representante mais simples a cumarina (1,2-benzopirona). (Figura 3)



**Figura 3.** Estrutura química da Cumarina (1-2 benzopirona) Adaptado de Soares (2002).

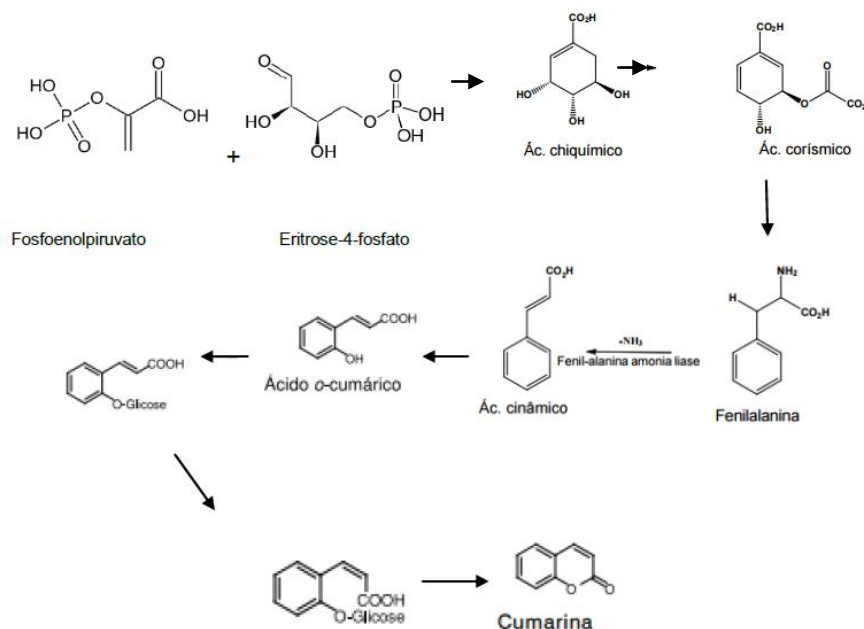
A síntese de metabólitos secundários deriva do metabolismo da glicose via dois intermediários principais, o ácido chiquímico e o acetato, sendo que a partir da via do ácido chiquímico originam-se três aminoácidos aromáticos, a fenilalanina, o triptofano e a tirosina, que são aminoácidos intermediários na biossíntese de uma série de produtos aromáticos, como os taninos as ligninas e as cumarinas (SHIMID; AMRHEIN, 1995) (Figura 4).



**Figura 4.** Via de síntese dos metabólitos secundários (SANTOS, 2003).

As cumarinas são derivadas da via do ácido chiquímico (Figura 5), o qual é formado pela condensação de dois metabólitos da glicose, o fosfoenolpiruvato e a eritrose-4-fosfato. A junção do ácido chiquímico com uma molécula de fosfoenolpiruvato dá origem ao ácido corísmico, ou corismato, dando continuidade à via. A partir deste, há a formação de aminoácidos aromáticos, precursores de alcaloides, tais como os essenciais triptofano, fenilalanina e o não-essencial tirosina. A fenilalanina sofre ação da fenilalaninaamônio-liase (FAL), a qual retira uma amônia da fenilalanina, dando origem ao ácido cinâmico (CZELUSNIAK, et al., 2012).

O ácido cinâmico, através de uma orto-hidroxilação catalisada pela enzima trans-cinamato 4-hidroxilase, dá origem ao ácido o-cumárico que através de uma o-glicolização, seguida de isomerização cis-trans da dupla ligação da cadeia lateral - que é catalisada pela luz com incidência de 360 nanômetros seguida de uma lactonização que ocorre de forma espontânea - dá origem a cumarina, sendo que a lactonização e hidrólise enzimáticas, necessárias para a liberação da cumarina, ocorrem somente após a danificação dos tecidos durante os processos de extração e processamento (SANTOS, 2005; DEWICK, 2002).



**Figura 5.** Biossíntese de cumarina (adaptado de CZELUSNIAK, et al., 2012; SCIO, 2003).



De acordo com Czelusniak, et al. (2012), é de fundamental importância o conhecimento dos fatores que influenciam a produção e o acúmulo dos metabólitos secundários, com o objetivo de se otimizar a produção e garantir a qualidade dos fitoterápicos produzidos.

Vários são os fatores que influenciam o teor de metabólitos secundários, como variações sazonais e circadianas, processos bioquímicos, radiação UV, disponibilidade de nutrientes e água no solo, coleta e estocagem, existindo uma relação direta entre a intensidade e qualidade luminosa sobre a síntese dos metabólitos, visto que todas as substâncias produzidas pelas plantas apresentam envolvimento direto com a fotossíntese (CZELUSNIAK, et al.; 2012; DE MORAIS, 2009; BASSMAN, 2004).

Em se tratando da cumarina, os teores podem variar, além dos aspectos acima mencionados, também devido a fatores como o processo de secagem e período de estocagem; da idade e parte da planta utilizada, além da apresentação farmacêutica, da forma de preparo do extrato, do processo de extração, tipo de solvente utilizado e do processo de concentração, sendo que, de acordo com Corrêa Júnior et al. (2011), os teores do princípio ativo em plantas frescas variam ao redor de 1,30% para a espécie *Mikania laevigata* e de 0,0082% para *Mikania glomerata*, sendo que após o processo de secagem, o teor médio é reduzido para cerca de 50%.

Outros autores, a exemplo de Bolina et al. (2009), avaliando o teor de cumarina em folhas de *M. glomerata* Spreng e *M. laevigata* Schultz secas em estufa de circulação de ar forçado a temperatura de 40° C, obtiveram teores de cumarina de 0,30 e 0,43% respectivamente, vindo a afirmar, devido a semelhança química das duas espécies e teores de cumarina próximos, que as mesmas podem ser utilizadas de forma indistinta na formulação de fitoterápicos.

## 2.5. RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

A qualidade das plantas medicinais está associada a uma série de características de ordem genética relacionadas à alta capacidade de biossíntese e acúmulo do metabólito secundário no órgão de interesse, sendo a luz o principal fator responsável por estas características, assim como sobre o crescimento e o desenvolvimento das espécies em todos os seus estágios de desenvolvimento, havendo diferenças na capacidade de

adaptação das espécies em relação à quantidade e intensidade da radiação luminosa incidente, incluindo as radiações ultravioleta (FERRAZ, 2011; TAIZ; ZEIGER, 2004; GOBBO-NETO; LOPES, 2007; CHANG et al., 2008).

As radiações ultravioleta - A (UV-A, 315 – 400 nm) e ultravioleta -B (UV-B, 280 - 315 nm) são constituintes da radiação solar que incidem de maneira direta sobre a superfície terrestre após atravessarem a camada de Ozônio. A radiação UV-A incide de forma praticamente direta sobre a superfície terrestre, ao contrário da radiação UV-B, que é absorvida de forma mais eficiente pela camada de ozônio. Do total da energia UV-B incidente, apenas cerca de 0,5% atingem a superfície terrestre, sendo responsável, devido ao seu alto conteúdo de energia quando comparada a radiação UV-A, por induzir uma série de efeitos sobre os vegetais (HEIJDE; ULM, 2012; . MADRONICH et al., 1998).

Dentre estes, destaca-se a indução de alterações morfológicas, como o acúmulo de cera epicuticular, alterações na composição e densidade de tricomas e a redução da área foliar (BARNES .et al., 1996; PAUL et al., 2005), além de efeitos diversos sobre os níveis e composição dos diferentes tipos de metabólitos secundários, como flavonóides, antocianinas, fenilpropanóides, alcalóides e as cumarinas (SUN et al., 2010; BROETTO e CROCOMO, 1995; BEJERANO et al., 2014; SCHREINER et al., 2012; CHEN et al., 2011; PETRUL'OVÁ et al., 2014).

Os metabólitos secundários são compostos orgânicos que aparentemente não tem função no metabolismo primário das espécies, a exemplo de altura de planta e acúmulo de biomassa, mas apresentam relação direta nas relações ecológicas entre as plantas e o meio ambiente (BASSMAN, 2004).

Os compostos fenólicos tendem a se acumular nas folhas em resposta a altos níveis de radiação ultravioleta, com o objetivo de evitar danos ao DNA ou a outros processos fisiológicos estimulados pelas radiações (TEVINI; TERAMURA, 1989; STAPLETON, 1992).

A modulação da biossíntese de compostos capazes de absorver a radiação ultravioleta incidentes sobre as plantas é o mecanismo mais comum de defesa em relação aos efeitos prejudiciais deste tipo de radiação (HAHLBROCK; SCHEEL, 1989).

O controle das condições de cultivo apresenta íntima relação com o metabolismo primário e secundário das espécies, e, dentre os fatores de ordem abióticas que podem

ser controlados destaque para a qualidade e intensidade dos diferentes espectros de luz que incidem sobre as espécies (FERRAZ, 2011).

Várias são as tecnologias utilizadas com o objetivo de promover incrementos em fatores de crescimento, rendimento e metabolismo secundário, como no caso dos filmes de polietileno, capazes de bloquear diferentes tipos de comprimentos de onda da radiação solar incidente, a exemplo das radiações UV-A e UV-B (TSORMPATSIDIS et al, 2008).

Dentre os resultados da utilização da tecnologia estão a diminuição na altura de plantas; o controle de pragas e doenças e efeitos na síntese de metabólitos secundários, estes, em geral, tendo sua síntese estimulada por altos níveis de radiação UV (TSORMPATSIDIS et al, 2008; DOUKAS; PAYNE, 2007; FLETCHER et al., 2005).

## 2.6. NITROGÊNIO

Poucas são as informações acerca dos aspectos nutricionais de plantas nativas, bem como de seu comportamento em cultivos comerciais. A otimização da produção em áreas de cultivo, nas quais utilizam-se grandes quantidades de fertilizantes, principalmente os nitrogenados, pode acarretar em alterações no estado nutricional das plantas (CORTÉZ et al.; 2007).

A biossíntese de compostos fenólicos está relacionada a mecanismos de respostas das plantas a condições de estresse ambiental, a exemplo da nutrição mineral que pode estimular ou inibir a síntese do metabólito. Os efeitos variam entre as espécies devido às diferentes rotas bioquímicas utilizadas para a biossíntese do composto (FREITAS et al., 2008; LEITE et al., 2012; HAUKIOJA et al., 1998).

O nitrogênio é um nutriente essencial para o desenvolvimento e produção vegetal, estando presente na constituição de uma série de compostos, a exemplo das clorofilas, aminoácidos, proteínas, enzimas e outros compostos importantes do metabolismo. Tanto o excesso quanto o déficit do elemento, podem afetar, sobremaneira, o metabolismo das espécies, alterando parâmetros como o número de folhas, área foliar, diâmetro do caule e número de ramificações (MARSCHNER, 2012; MALAVOLTA, 2006).

Em cultivos agrícolas, as adubações nitrogenadas são utilizadas com o intuito de se buscar incremento nos valores de biomassa, no entanto, os nutrientes minerais não afetam somente o metabolismo primário das espécies, mas também o metabolismo secundário, existindo evidências de que não somente a disponibilidade ambiental do

elemento, mas a quantidade deste que é incorporada aos tecidos da planta é que são responsáveis por causar estes efeitos, apesar de não ser possível o estabelecimento de regras sólidas e estáveis para a relação (DUSTIN; COOPER-DRIVER, 1992).

De acordo Bryant et al. (1983), o balanço da relação carbono/nitrogênio afeta fortemente a alocação de recursos para os metabolismos primários e secundários. De acordo com os autores, a adubação com altos níveis de nitrogênio pode acarretar um incremento nas concentrações do nutriente na folha, estimulando, desta forma, o crescimento destas em detrimento da fotossíntese, levando a um declínio nas concentrações de carboidratos e carbono baseado no metabolismo secundário nas folhas.

De modo geral, todas as fontes solúveis de nitrogênio, quando adequadamente manejadas, apresentam comportamento similar, sendo que as diferenças observadas ocasionalmente podem estar relacionadas com a presença de outros elementos nos fertilizantes, como é o caso do enxofre no sulfato de amônio, ou com o efeito que alguns fertilizantes nitrogenados exercem sobre a reação do solo (COELHO, 1994).

A assimilação do nitrogênio pelas raízes se dá na forma de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ , sendo estes incorporados na forma de aminoácidos tanto na raiz quanto na parte aérea, sendo que tanto a taxa de absorção quanto a quantidade de nitrogênio absorvido e assimilado durante o ciclo de desenvolvimento da planta dependem tanto da presença de carregadores específicos encontrados na membrana plasmática, da atividade das enzimas envolvidas no seu ciclo, da disponibilidade de energia necessária para os processos de absorção e assimilação e do estágio de desenvolvimento da planta (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

A absorção de nitrogênio é um processo altamente dependente em energia, requerendo, por  $\text{NO}_3^-$  convertido em  $\text{NO}_2^-$  a transferência de 2 elétrons, 6 elétrons por  $\text{NO}_2^-$  convertido em  $\text{NH}_4^+$  e de 2 elétrons e 1 ATP por molécula de  $\text{NH}_4^+$  convertida em glutamato. Disso decorre que a assimilação do  $\text{NO}_3^-$  demanda mais energia, em comparação à assimilação do  $\text{NH}_4^+$  (BLOOM *et al.*, 1992).

No caso dos compostos fenólicos, e em especial das cumarinas, existe uma correlação bem estabelecida entre a disponibilidade de nitrogênio no solo e os teores de princípio ativo na planta. Altos níveis de princípio ativo são encontrados em plantas cultivadas em condições de excesso de nitrogênio, podendo este efeito estar relacionado

ao aumento na atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (FAL), chave no processo de síntese do metabólito (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

## REFERÊNCIAS

- AMOROZO, M.C.M. A abordagem etnobotânica na pesquisa de plantas medicinais. Plantas medicinais: arte e ciência. **Um guia de estudo interdisciplinar**. São Paulo: UNESP, p. 47-68, 1996.
- ANDRADE, S.F.; CARDOSO, L.G.; BASTOS, J.K. Anti-inflammatory and antinociceptive activities of extract, fractions and populnoic acid from bark wood of *Austroplenckia populnea*. **Journal of Ethnopharmacology**, v.109, n. 3, p. 464-471, 2007.
- BARNES, J.D.; PERCY, K.E.; PAUL, N.D.; JONES, P.; MCLAUGHLIN, C.K.; MULLINEAUX, P.M.; CREISSEN, G.; WELLBURN, A. R. The influence of UV-B radiation on the physicochemical nature of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) leaf surfaces. **Journal of Experimental Botany**, v.47, v.294, p.99-109, 1996.
- BASSMAN, J.H. Ecosystem consequences of enhanced solar ultraviolet radiation: secondary plant metabolites as mediators of multiple trophic interactions in terrestrial plant communities. **Photochemistry and Photobiology**, v. 79, n. 5, p. 382-398, 2004.
- BEJERANO, P.C.; DIAGO, M.P.; ABAIGAR, J.M.; ZAPATER, J.M.; TARDÁGUILA, J.; OLIVEIRA, E.N. Solar ultraviolet radiation is necessary to enhance grapevine fruit ripening transcriptional and phenolic responses. **BMC Plant Biology**, v.14, n.1, p.1, 2014.
- BOLINA, R.C.; GARCIA, E.F.; DUARTE, M.G.R. Estudo comparativo da composição química das espécies vegetais *Mikania glomerata* Sprengel e *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 1B, p. 294-298, 2009.
- BONET M.A. **Estudi etnobotànic del Montseny. Aspectes metodològics. Ponències, anuari del Centre d'Estudis de Granollers**, pp. 133-158, 1998.
- BOTSARIS AS. Plants used traditionally to treat malaria in Brazil: the archives of Flora Medicinal. **Journal Ethnobiology and Ethnomedicine**. v. 3: 18, 2007.
- BRANDÃO, M.G.L. Plantas úteis nativas do Brasil na obra dos naturalistas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, June, 2010.
- BRANDÃO, M.G.L.; ZANETI, N.N.S.; OLIVEIRA, G.R.R.; SILVA, A.K.S.; GOULART, L.O.; OLIVEIRA, M.A.; GRAEL, C.F.F.; SANTOS, A.C.P.; SALIMENHA, M.F.; PIMENTA, D.S.; MESSIAS, M.C.T.B. **Plantas medicinais da Estrada Real**. MG, Biota, v. 1, p. 4-15, 2008.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução nº 89 de 16 Março de 2004. **Determina a publicação da lista de registro simplificado de fitoterápicos**, Brasília, 2004.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. **Política nacional de plantas medicinais e fitoterápicos** / Ministério da Saúde,

Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. – Brasília: Ministério da Saúde, 60 p., 2006.

BLOOM, A.J.; SUKRAPANNA, S.S.; WARNER, R.L. Root respiration associated with ammonium and nitrate absorption and assimilation by *barley*. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 99, p.1294-1301, 1992.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulation of nitrogen absorption and assimilation in plants. **Ciência rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

BROETTO, F.; CROCOMO, O.J. Ação de luz UV e GA3 sobre a atividade de enzimas do metabolismo secundário em células de cenoura *in vitro*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.7, n.1, p.61-66, 1995.

BRYANT, J.P.; CHAPIN, F.S.; KLEIN, D.R. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. **Oikos**, v. 40, p. 357-368, 1983.

CAETANO, R.S.; DE SOUZA, A.C.R.; FEITOZA, L.F. O uso de plantas medicinais utilizadas por frequentadores dos ambulatórios santa marcelina, Porto Velho-RO. **Saúde e Pesquisa**, v. 7, n. 1, 2014.

CHANG, X.; ALDERSON, P.G.; WRIGHT, C.J. Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, n. 1, p. 216-223, 2008.

CHEN, R.; ZHENG, W.; CUI, L.; GUO, Y.; SUN, M.; NING, W.; ZHANG, L.; TIAN, J. Comparative proteomic study reveals the biosynthesis of coumarins in leaves of *clematis terniflora* upon uv radiation. In: 50<sup>TH</sup> ANNIVERSARY MEETING PHYTOCHEMICAL SOCIETY OF NORTH AMERICA, 2011, Hawaii. **Congress proceedings**. Hawaii: Fairmont Orchid, 2011. p.10-15.

COELHO, A.M. **Fertirrigação**. In: COSTA, E.F. da; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.F. (Ed.). **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: EMBRAPA-SPI, p 201-227, 1994.

CORRÊA JÚNIOR, C.; SCHEFFER, M.C.; MAGALHÃES, P.M.; GRAÇA, C.; MATSUSHITA, M.S. DESCHAMPS, C. **O guaco (*Mikania laevigata* Schultz Bip. Ex Baker), aspectos agrônômicos e fitoquímicos**. Curitiba: Instituto Emater, 36 p.: il. Color, 2011.

CORRÊA JUNIOR, C.; SCHEFFER, M.C. **Produção de plantas medicinais, condimentares e aromáticas no Estado do Paraná**. In: **Complexo agroindustrial das plantas medicinais, aromáticas e condimentares no Estado do Paraná – diagnóstico e perspectivas**. Curitiba: Sociedade Paranaense de Plantas Medicinais: EMATER-PR: Embrapa Florestas, p. 48-68, 2004.

CORRÊA JÚNIOR, C.; MING, L.C.; SCHEFFER, M.C. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. Jaboticabal: FUNEP, 162 f., 1994.

CORTÉZ, A.M.P.; BIASI, L.A.; SERRAT, B.M.; NAKASHIMA, T. Extração de nutrientes pela parte aérea de carqueja sob a influência de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, 2007.

CUSSY-POMA, V.; FERNÁNDEZ, E.; RONDEVALDOVA, J.; FOFFOVÁ, H.; RUSSO, D. Ethnobotanical inventory of medicinal plants used in the Qampaya District, Bolivia. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 16, n. 1, p. 68-77, 2017.

CZELUSNIAK, K.E.; BROCCO, E.; PEREIRA, A.; PEREIRA, D.F.; FREITAS, G.B.L. Farmacobotânica, fitoquímica e farmacologia do Guaco: revisão considerando *Mikania glomerata* Sprengel e *Mikania laevigata* Schulyz Bip. ex Baker. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 14, n. 2, p. 400-409, 2012.

DA COSTA, I.B.C; BONFIM, F. P., PASA, M. C.; MONTERO, D. A. Ethnobotanical survey of medicinal flora in the rural community Rio dos Couros, state of Mato Grosso, Brazil. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 16, n. 1, p. 53-67, 2017.

DE MORAIS, L.A.A. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura brasileira**, v. 27, n. 2, 2009.

DEWICK, P.M. **Medicinal natural products: a biosynthetic approach**. 2.ed. London: West Sussex John Wiley & Sons. 507p, 2002.

DOS SANTOS, N.P.; PINTO, A.C.; DE ALENCASTRO, R.B. Theodoro Peckolt: naturalista e farmacêutico do Brasil imperial. **Química Nova**, v. 21, n. 5, p. 666-670, 1998.

DOS SANTOS, S.C.; KRUEGER, C. L.; STEIL, A. A.; KREUGER, M. R.; BIAVATTI, M. W.; JUNIOR, A.W.L.C. Characterisation of guaco medicinal extracts, *Mikania laevigata* and *Mikania glomerata*, and their effects on allergic pneumonitis. **Planta Médica**; 72: 679–684, 2006.

DOUKAS, D.P. Greenhouse whitefly (Homoptera: *Aleyrodidae*) dispersal under different UV light environments. **Journal of Economic Entomology**, v. 100, p. 389–397, 2007.

DUSTIN, C.D.; COOPER-DRIVER, G.A. Changes in phenolic production in the hay-scented Fern (*Dennstaedtia punctilobula*) in relation to resource availability. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 20, n.2, p. 99-106, 1992.

FARIAS, A. T; LIMBERGER, R.P; SIMÕES PIRES, C.A; HENRIQUES, A.T. **Análise da composição química do óleo volátil de cinco espécies do gênero *Mikania***. In: **Simpósio De Plantas Medicinais do Brasil**, XV. Águas de Lindóia – SP. Anais... São Paulo: UNIFESP, p. 03.195, 1998



FERRAZ, E.O. **Biomassa e produção de óleo essencial de *Achillea millefolium* L. com adubação orgânica e sob radiações UV.** 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Agronomia/fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

FILGUEIRAS, C.A.L. Origens da Ciência no Brasil. **Química nova**, v.13, n. 3, p. 222-229, 1990.

FLETCHER, J.M., TATSIPOULOU, A., MPEZAMIHIGO, M., CAREW, J.G., HENBEST, R.G.C., HADLEY, P. Far-red light filtering by plastic film, greenhousecladding materials: effects on growth and flowering in Petunia and Impatiens. **Journal of the Horticultural Science Biotechnology**. V. 80, p. 303–306, 2005.

FREITAS, M.S.M.; MONNERAT, P.H.; VIEIRA, I.J.C. Mineral deficiency in *Passiflora alata* Curtis: vitexin bioproduction. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, p.1844-1854, 2008.

FUCK, S.B.; ATHANÁZIO, J.C.; DE LIMA, C.B.; MING, L.C. Plantas medicinais utilizadas na medicina popular por moradores da área urbana de Bandeirantes, PR, Brasil Herbal remedies used by residents of the urban areas from city of Bandeirantes, Paraná, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 26, n. 3, p. 291-296, 2005.

GANDOLFO, E.S.; HANAZAKI, N. Etnobotânica e urbanização: conhecimento e utilização de plantas de restinga pela comunidade nativa do distrito do Campeche (Florianópolis, SC). **Acta Botânica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 168-177, 2011.

GASPARETTO, J.C.; CAMPOS, F. R., BUDEL, J. M.; PONTAROLO, R. *Mikania glomerata* Spreng. e *Mikania laevigata* Sch. Bip. ex Baker, Asteraceae: estudos agronômicos, genéticos, morfoanatômicos, químicos, farmacológicos, toxicológicos e uso nos programas de fitoterapia do Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 4, p. 627-640, 2010.

GIRALDI, M.; HANAZAKI, N.. Uso e conhecimento tradicional de plantas medicinais no Sertão do Ribeirão, Florianópolis, SC, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 24, n. 2, p. 395-406, 2010.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N.P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química nova**, v. 30, n. 2, p. 374, 2007.

GOH, M.P.Y.; BASRI, A. M.; YASIN, H.; TAHA, H.; AHMAD, N. Ethnobotanical review and pharmacological properties of selected medicinal plants in Brunei Darussalam: *Litsea elliptica*, *Dillenia suffruticosa*, *Dillenia excelsa*, *Aidia racemosa*, *Vitex pinnata* and *Senna alata*. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 7, n. 2, p. 173-180, 2017.

HAHLBROCK, K.; SCHEEL, D. Physiology and molecular biology of phenylpropanoid metabolism. **Annual review of plant biology**, v. 40, n. 1, p. 347-369, 1989.

HAUKIOJA, E.; OSSIPOV, V.; KORICHEVA, J.; HONKANEN, T.; LARSSON, S.; LEMPA, K. Biosynthetic origin of carbon-based secondary compounds: cause of variable responses of woody plants to fertilization? **Chemoecology**, v.8, p.133-139, 1998.

HEIJDE, M.; ULM, R. UV-B photoreceptor-mediates signalling in plants. **Trends in plant science**, v.17, n.4, p.230-237, 2012.

JACOBY, C.; COLTRO, E.M.; SLOMA, D.C.; MULLER, J.; DIAS, L.A.; LUFT, M.; BERUSKI, P.; RONDON NETO, R.M. Plantas medicinais utilizadas pela comunidade rural de Guamirim, Município de Irati, PR. **RECEN - Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 4, n. 1, p. 79-89, 2009.

KAYANI, S.; AHMAD, M.; ZAFAR, M.; SULTANA, S.; KHAN, M.P.Z.; ASHRAF, M.A.; HUSSAIN, J.; YASEEN, G.. Ethnobotanical uses of medicinal plants for respiratory disorders among the inhabitants of Gallies–Abbottabad, Northern Pakistan. **Journal of ethnopharmacology**, v. 156, p. 47-60, 2014.

KRÖNER, A.; MARNET, N.; ANDRIVON, D.; VAL, F. Nicotiflorin, rutin and chlorogenic acid: phenylpropanoids involved differently in quantitative resistance of potato tubers to biotrophic and necrotrophic pathogens. **Plant Physiology and Biochemistry**. v. 57, p. 23-31, 2012.

LEÃO, R.B.A.; FERREIRA, M.R.C.; JARDIM, M.A.G. Levantamento de plantas de uso terapêutico no município de Santa Bárbara do Pará, Estado do Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 88, n. 1, p. 21-25, 2007.

LEITE, G.L.D.; SILVA, F.W.S.; GUANABENS, R.E.M.; FERNANDES, L.A.; FIGUEIREDO, L.S.; SILVA, L.F. NPK and flavonoids affecting insect populations in *Dimorphandra mollis* seedlings. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.34, p.17-22, 2012.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Instituto Plantarum, Nova Odessa-SP, 544p, 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

MADRONICH, S; MCKENZIE, R. L., BJÖRN, L. O., e CALDWELL, M. M. Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. **Journal of Photochemistry and Photobiology**, v.46, n.1, p.5-19, 1998.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 638p, 2006.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. Academic Press, 2012. 649 p.

MARTINS, E.R.; OLIVEIRA, L.O. Conservação da Poaia (*Psychotria ipecacuanha* Standl.): I-Estratégias de localização de populações e etnobotânica. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 7, n. 1, p. 6-10, 2004.

MATSUSHITA, M.S.; CORRÊA JÚNIOR, C.; SANTOS, A.; HOSOKAWA, R. Produção e comercialização do guaco (*Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker) na região Sul do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 17, n. 3, p. 351-359, 2015.

MORAIS, I.C. Levantamento sobre plantas medicinais comercializadas em Goiânia: abordagem popular (raizeiros) e abordagem científica (levantamento bibliográfico). **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 2, n. 2, 2007.

MORAIS, L. A. S.; CASTANHA, R. F. Composição química do óleo essencial de duas amostras de carqueja (*Baccharis* sp.) coletadas em Paty do Alferes–Rio de Janeiro. **Rev. Bras. Pl. Med. Sepc. Issue13**, p. 628-632, 2011.

NAPIMOGA, M.H.; YATSUDA, R. Scientific evidence for *Mikania laevigata* and *Mikania glomerata* as a pharmacological tool. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 62, n. 7, p. 809-820, 2010.

OLIVEIRA, F.C.S.; BARROS, R.F.M.; MOITA NETO, J.M. Plantas medicinais utilizadas em comunidades rurais de Oeiras, semiárido piauiense. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 12, n. 3, p. 282-301, 2010.

PAUL, N.D.; JACOBSON, R.J.; TAYLOR, A.; WARGENT, J.J.; MOORE, P. The use of wavelength-selective plastic cladding materials in horticulture: understanding of crop and fungal responses through the assessment of biological spectral weighting functions. **Photochemistry and Photobiology**, v.81, n.5, p.1052–1060, 2005.

PETRULOVÁ, V.; DUČAIOVÁ, Z.; REPČÁK, M.. Short-term uv-b dose stimulates production of protective metabolites in *Matricaria chamomilla* leaves. **Photochemistry and Photobiology**, v.90, n.5, p.1061-1068, 2014.

PINTO, E.P.P.; AMOROZO, M.C.M.; FURLAN, A. Conhecimento popular sobre plantas medicinais em comunidades rurais de mata atlântica–Itacaré, BA, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 20, n. 4, p. 751-762, 2006.

PIRES, M.J.P. Aspectos históricos dos recursos genéticos de plantas medicinais. **Rodriguésia**, p. 61-66, 1984.

RADÜNZ, L.L.; MELO, E. C.; ROCHA, R. P.; BARBOSA, F. F.; SANTOS, R. H. S.; BERBET, P. A. Avaliação das curvas de secagem de guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) em secador de bandejas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 16, n. 2, p. 378-387, 2014.

RENISUS - **Relação nacional de plantas medicinais de interesse ao SUS**. 2009. Ministério da Saúde. Disponível em:

<<http://www.plantasmedicinaisfitoterapia.com/plantas-medicinais-do-sus/>>. Acessado em Dezembro de 2016.

RIO GRANDE DO SUL. **Manual de identificação e cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. Porto Alegre: Secretaria da Educação, 79 f., 1993.

RIBEIRO, C.V.C.; KAPLAN, M.A.C. Tendências evolutivas de famílias produtoras de cumarinas em Angiospermae. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 533-538, 2002.

RITTER M.R.; MIOTTO, S.T.S. Taxonomia de *Mikania* Willd. (Asteraceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Hoehnea**. v. 32: 309–359, 2005.

RODRIGUES, A.G.; DE SIMONI, C. Plantas medicinais no contexto de políticas públicas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v.3, nº255,, p.7-12, 2010.

ROQUE, A.A.; ROCHA, R.M.; LOIOLA, M.I.B. Uso e diversidade de plantas medicinais da Caatinga na comunidade rural de Laginhas, município de Caicó, Rio Grande do Norte (nordeste do Brasil). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 12, n. 1, p. 31-42, 2010.

SANTOS, S.C. **Caracterização cromatográfica de extratos medicinais de guaco: *Mikania laevigata* Schulyz Bip. ex Baker e *Mikania glomerata* Sprengel e ação de *Mikania laevigata* na inflamação alérgica pulmonar**. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí – SC, 93p., 2005.

SANTOS, R. I. Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários. In: SIMÕES, C. O. S.; et al. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**, 5. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Universidade/UFRGS/ Ed. Da UFSC. Bibliografia: p. 404-420, 2003.

SCIO, E. Cumarinas encontradas no gênero *Kielmeyera*-Família *Clusiaceae*. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 85, n. 1, p. 27-31, 2004.

SCHMID, J.; AMRHEIN, N. Molecular organization of the shikimate pathway in higher plants. **Phytochemistry**, v. 39, n. 4, p. 737-749, 1995.

SCHREINER, M.; MEWIS, I.; HUYSKENS-KEIL, S.; JANSEN, M. A. K.; ZRENNER, R.; WINKLER, J. B.; O'BRIEN, N.; KRUMBEIN, A. UV-B-induced secondary plant metabolites – potential benefits for plant and human health. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.31, n.3, p.229–240, 2012.

SGUAREZI, J.G.D.; GONÇALVES, V.F.; ROCHA, T.; MURAKAMI, D.Y.; UZUELLE, M.A.; MOURA, P.R.D. Fitoterápicos na Rede Pública de Saúde (SUS) no Brasil: Um estudo toxicológico de *Mikania glomerata* em fetos de ratas Wistar. **Revista Fitos Eletrônica**, [S.l.], v. 10, n. 4, p. 460-468, maio 2017.

SILVA JUNIOR, A.A.; RITTER, M. R.; ZAMBONIM, F. M.; DESCHAMPS, F. C.; TCACENCO, F. A.; BERTOLDI, F.C. Um novo ecótipo de *Mikania glomerata*

Spreng.(Asteraceae) rico em óleo essencial no sul do Brasil. 2015. **Revista Fitos Eletrônica**, [S.I.], v. 9, n. 1, p. 19-28, jun. 2015.

SILVA JÚNIOR, A.A. **Essencia herba – plantas bioativas**. Florianópolis: Epagri, 2006. v. 2, 634p.

SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: UFRGS, 1999.

SOARES, Sergio Eduardo. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de nutrição**, v. 15, n. 1, Campinas, jan. 2002.

STAPLETON, A.E. Ultraviolet radiation and plants: burning questions. **Plant Cell**, v. 4, p.1353–1358, 1992.

SUN, M.; GU, X.; FU, H.; ZHANG, L.; CHEN, R.; CUI, L.; ZHENG, L.; ZHANG, M.; TIAN, J. Change of secondary metabolites in leaves of *Ginkgo biloba* L. in response to UV-B induction. **Innovative Food Science e Emerging Technologies**, v.11, n.4, p. 672-676, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Trad. de E.R. Santarém. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TEVINI, M., TERAMURA, A.H. UVB effects on terrestrial plants. **Photochemistry and Photobiology**. V. 50, p.479–487, 1989.

TSORMPATSIDIS, E.; HENBEST, R. G. C.; DAVIS, F. J.; BATTEY, N. H.; HADLEY, P.; WAGSTAFFE, A. UV irradiance as a major influence on growth, development and secondary products of commercial importance in Lollo Rosso lettuce ‘Revolution’grown under polyethylene films. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, n. 1, p. 232-239, 2008.

VEIGA-JUNIOR, V.F. Estudo do consumo de plantas medicinais na Região Centro-Norte do Estado do Rio de Janeiro: aceitação pelos profissionais de saúde e modo de uso pela população. **Revista brasileira de farmacognósia**, v. 18, n. 2, p. 308-13, 2008.

VIEIRA, R. C. P. A, COIMBRA, E. S., SIMÕES, A. S., BARRETO, B. B., GOMES, F. V., FERREIRA, F. A. C., MAGALHÃES, J. C., RESENDE, J. A., ALMEIDA, T. V. **O profissional farmacêutico na orientação a população quanto ao uso correto de plantas medicinais e medicamentos fitoterápicos**. In: Anais da II Mostra UFJF, Juiz de Fora: UFJF, p. 50-61, 2006.

VIGO-SCHULTZ, S.C.; STANGARLIN, J. R.; FRANZENER, G.; PORTZ, R. L.; KUHN, O. J.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. Effect of alcoholic extract of guaco (*Mikania glomerata*) on the control of dark rot (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*) in cauliflower. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 4, p. 515-524, 2006.

WHO. **Bulletin of the world health organization**. Regulatory situation of herbal medicines. A worldwide review. Geneva: WHO, 49p., 1998.

## CAPÍTULO 3

### EFEITO DE NÍVEIS DE BLOQUEIO DE RADIAÇÃO UV-A E UV-B NO ACÚMULO DE BIOMASSA E PRODUÇÃO DE CUMARINA EM GUACO.

#### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes níveis de bloqueio de radiação UV-A (315-400 nm) e UV-B (280-315 nm) sobre parâmetros morfológicos e teor de cumarina em dois acessos de guaco, provenientes da Estação Experimental da EPAGRI e Instituto Federal Catarinense. O experimento foi conduzido na fazenda experimental do Instituto Federal Catarinense, localizada no município de Araquari, Estado de Santa Catarina, em um delineamento experimental completamente casualizado em esquema fatorial 2 X 3 (dois acessos de guaco x três tratamentos de bloqueio de radiação) com 4 repetições, sendo cada repetição composta pela média de 4 plantas. Os tratamentos de bloqueio de radiação utilizados foram o bloqueio de 100% das radiações UV-A e UV-B (100% UV-A/B); bloqueio de 70% da radiação UV-A e 80% da UV-B (70%UV-A/80%UV-B) e o tratamento testemunha, sem o bloqueio das radiações UV-A e UV-B (0%UV-A/0%UV-B). Após 55 dias de condução, as plantas foram colhidas sendo analisados os valores de altura da parte aérea, área foliar; massa seca de folhas, ramos e total e o teor de cumarina nos segmentos apical, mediano e basal. Não foram observados efeitos dos tratamentos com relação aos valores dos parâmetros morfológicos analisados. Diferenças significativas foram observadas com relação aos valores de cumarina quando comparando-se seus valores nos segmentos apical, mediano e basal, sendo os menores valores observados no tratamento com filtro com a capacidade de bloquear 100% das radiações UV-A e UV-B incidentes sobre as plantas. Os maiores teores de cumarina foram observados no segmento apical das plantas de Guaco. O acesso G1 apresentou teores de cumarina superiores ao G2.

**PALAVRAS-CHAVE:** 1,2-benzopirona, metabolismo vegetal, *Mikania glomerata* Spreng., morfologia, plasticultura.

## EFFECT OF UV-A AND UV-B RADIATION BLOCKAGE LEVELS ON BIOMASS ACUMULUS AND CUMARINA PRODUCTION IN GUACO.

### ABSTRACT:

The aim of this study was to evaluate the effect of different UV-A (315-400 nm) and UV-B (280-315 nm) radiation blocking on morphological parameters and coumarin content in two accesses of guaco, from the experimental station of EPAGRI and the Catarinense Federal Institute. The experiment was carried out at the experimental farm of the Catarinense Federal Institute, located in the city of Araquari, State of Santa Catarina, in a completely randomized design on a arrangement factorial 2 x 3 (two accesses of guaco x three treatments of radiation blocking) with 4 repetitions, each repetition consisting of the average of 4 plants. The radiation blocking treatments used were 100% blocking of UV-A and UV-B (100% UV-A / B) radiation; blocking of 70% UV-A and 80% UV-B (70% UV-A / 80% UV-B) and the control treatment without blocking UV-A and UV-B (0% UV -A / 0% UV-B). After 55 days of conduction, the plants were harvested and the values of height of shoot, leaf area; dry mass of leaves, branches and total and coumarin content in the apical, median and basal segments. No effects of the treatments were observed in relation to the values of the analyzed morphological parameters. Significant differences were observed with regard to coumarin values when comparing their values in the apical, median and basal segments, with the lowest values observed in the treatment with filter with the capacity to block 100% of the UV-A and UV-B radiation incidents on the plants. The highest levels of coumarin were observed in the apical segment of Guaco plants. G1 access presented higher coumarin levels than G2.

**KEYWORDS:** 1,2-benzopyrone, plant metabolism, *Mikania glomerata* Spreng., morphology, plasticulture.



### 3.1. INTRODUÇÃO

As radiações ultravioleta - A (UV-A, 315 – 400 nm) e ultravioleta -B (UV-B, 280 - 315 nm) são constituintes da radiação solar que incidem sobre a superfície terrestre após atravessarem a camada de Ozônio. A radiação UV-A incide de forma praticamente direta sobre a superfície terrestre, ao contrário da radiação UV-B, que é absorvida de forma mais eficiente pela camada de ozônio. Do total da energia UV-B incidente, apenas cerca de 0,5% atingem a superfície terrestre, sendo responsável, devido ao seu alto conteúdo de energia, quando comparada a radiação UV-A, por induzir uma série de efeitos sobre os vegetais (HEIJDE; ULM, 2012; . MADRONICH et al., 1998).

Dentre estes, destaca-se a indução de alterações morfológicas, como o acúmulo de cera epicuticular, alterações na composição e densidade de tricomas e a redução da área foliar (BARNES .et al., 1996; PAUL et al., 2005), além de efeitos diversos sobre os níveis e composição dos diferentes tipos de metabólitos secundários, como flavonóides, antocianinas, fenilpropanóides, alcalóides e as cumarinas (SUN et al., 2010; BROETTO; CROCOMO, 1995; BEJERANO et al., 2014; SCHREINER et al., 2012; CHEN et al., 2011; PETRUL'OVÁ et al., 2014).

O gênero *Mikania* é composto por aproximadamente 450 espécies, sendo que destas, aproximadamente 150 são encontradas no Brasil (PEREIRA, 1997). Dentro do gênero, encontra-se *Mikania glomerata* Spreng., espécie medicinal pertencente à família Asteracea conhecida popularmente como guaco, “coração-de jesus”, guaco-liso e erva-de-cobra (CASTRO, 2003) .

O Guaco é caracterizado como uma espécie trepadeira, sublenhosa, de grande porte e perene, que vem sendo utilizada há muitos séculos na medicina popular para a produção de medicamentos destinados ao tratamento de tosse e problemas respiratórios (MATSUSHITA et al., 2015; SILVA, et al., 2006; CORRÊA et al., 2008; AGRA, et al., 2008).

As características medicinais atribuídas à espécie estão relacionadas à presença no vegetal das cumarinas (1-2-benzopirona) (PEREGRINO; LEITÃO, 2005; VIDAL, et al., 2006). As cumarinas são uma classe de metabólito secundários formados através da via do ácido chiquímico pela condensação de dois metabólitos da glicose, o fosfoenolpiruvato e a eritrose-4-fosfato (CZELUSNIAK et al., 2012).

Em geral, os compostos originários do metabolismo secundário de plantas apresentam-se em baixas concentrações, em torno de 1% do peso seco da planta. A síntese desta classe de compostos está relacionada principalmente a mecanismos de defesa a estresses de ordem biótica e abiótica.

Além de características agronômicas desejáveis, à qualidade espectral da luz incidente sobre as espécies vegetais, através, por exemplo, da utilização de coberturas plásticas capazes de bloquear diferentes intensidades e comprimentos de ondas, como os raios UV-A e UV-B, podem interferir no metabolismo secundário das plantas, podendo este efeito ser explorado de forma positiva no caso de espécies medicinais, a exemplo do Guaco (*Mikania glomerata* Spreng.).

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito de diferentes níveis de bloqueio das radiações solar UV-A e UV-B incidentes sobre os valores de parâmetros morfológicos e o teor de cumarina em dois acessos de Guaco (*Mikania glomerata* Spreng.)

### 3.2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dois acessos de Guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) denominados de G1 e G2, originários respectivamente da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), localizada no município de Itajaí, e da Fazenda experimental do Instituto Federal Catarinense - Câmpus Araquari

As exsicatas foram depositadas no herbário do museu botânico Gerdt Hatschbach, da Prefeitura Municipal de Curitiba, sob os números 367612 e 340947, referentes aos acessos G1 e G2, respectivamente.

As estacas, contendo um nó, foram obtidas com um corte em bisel na base e corte reto acima da última gema apical, deixando-as com um comprimento aproximado de 10cm, sendo mantidas duas folhas na porção apical com sua área reduzida à metade (Figura 1).



**Figura 1.** Aspecto da produção de mudas de *Mikania glomerata* Spreng. Araquari - SC, 2014.

Para a desinfestação, as estacas foram imersas em solução de hipoclorito de sódio a 0,5% por cinco minutos, com posterior lavagem em água corrente por dois minutos. As bases das estacas foram tratadas com ácido indol butírico (IBA) na concentração de 3000ppm em solução alcoólica (50%) durante quinze segundos. O plantio foi realizado em sacos para produção de mudas com dimensões de 10 x 18 cm contendo substrato comercial da marca Carolina®, composto de turfa de esfagno, vermiculita expandida, calcário dolomítico, gesso agrícola e traços de fertilizante NPK. As estacas foram mantidas por um período de 45 dias em túnel de nebulização (80% UR). A aclimação foi realizada em sombrite (40%) por 10 dias, seguido de pleno sol por igual período antes de se efetuar o plantio.

Para o plantio utilizou-se solo previamente peneirado em peneira do tipo feijão nº55, coletado na camada arável (0-20cm) em área da Fazenda experimental do Instituto Federal Catarinense Câmpus Araquari, apresentando as seguintes características químicas: pH  $\text{CaCl}_2$ : 5,7; SMP: 6,0;  $\text{Al}^{3+}$ : 0,0  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ : 4,3  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca}^{2+}$ : 6,2  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$ : 1,4  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{K}^+$ : 0,22  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; SB: 7,82  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; T: 12,12  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; P: 195  $\text{mg dm}^{-3}$ ; C: 37,4  $\text{g dm}^{-3}$ ; V%: 65; Ca/Mg: 4,43.

O plantio foi efetuado em vasos de polietileno com volume de 5 litros, sendo o volume do vaso completado com solo. Plantou-se uma muda por vaso, apresentando, no momento do plantio, altura média de 17 cm (Figura 2).



**Figura 2.** Aspecto da condução, em vasos de polietileno, de mudas de *Mikania glomerata* Spreng. Araquari - SC, 2014.

O delineamento experimental utilizado foi o completamente casualizado disposto em um arranjo fatorial 2 x 3. Os tratamentos representam a combinação de dois acessos de *Mikania glomerata* Spreng. e três tratamentos de bloqueio da radiação solar UV-A e UV-B incidentes, incluindo o tratamento testemunha. Foram utilizadas quatro repetições por tratamento, sendo cada uma desta composta pela média de quatro plantas.

Os tratamentos de bloqueio da radiação solar UV-A e UV-B incidentes consistiram de túneis com altura de 60 cm, totalmente fechados com filme plástico com espessura de 150 micras, apresentando os seguintes níveis de bloqueio das radiações solar UV-A e UV-B incidentes: 100% das radiações UV-A e UV-B incidentes (100% UV-A/B); 70% da radiação UV-A e 80% da UV-B incidentes (70%UV-A/80%UV-B) e o tratamento controle, sem bloqueio das radiações UV-A e UV-B incidentes sobre as plantas (0%UV-A/0%UV-B) (Figura 3).





**Figura 3.** Túneis construídos com filmes plásticos com capacidade de bloquear diferentes frações das radiações UV-A e UV-B incidentes sobre as plantas. Araquari - SC, 2014.

O experimento foi implantado em outubro de 2014, sendo conduzido por um período de 55 dias. Regas diárias eram realizadas para a manutenção da umidade do solo.

Após este período, as plantas foram coletadas, sendo analisados os seguintes parâmetros: altura da parte aérea (cm), área foliar (cm<sup>2</sup>); massa seca (g) de folhas (MSF), ramos (MSR) e total (MST) e teor de cumarina (mg g<sup>-1</sup>) das folhas dos segmentos apical, mediano e basal da planta. Os segmentos vegetais foram definidos através da divisão da altura da parte aérea em três partes iguais.

Para a determinação da área foliar, utilizou-se o método dos discos, de acordo com HUERTA (1962); GOMIDE et al. (1977). Foram utilizadas 12 folhas por planta, coletadas de forma aleatória dos segmentos apical, mediano e basal.

Para a determinação dos valores de massa seca de folhas e ramos, amostras representando aproximadamente 10% da massa fresca total das partes, foram acondicionadas em sacos de papel pardo e colocadas para secar em estufa de circulação de ar forçado à temperatura de 65 °C até peso constante. Os valores de massa seca total foram obtidos através da soma dos valores de massa seca de folhas e ramos.

Para a determinação dos teores de cumarina (mg/g), as folhas dos segmentos apical, mediano e basal foram coletadas e após a retirada do pecíolo foram fragmentadas com o auxílio de tesoura. Os fragmentos resultantes foram passados em peneira (tamiz)

de malha 8 (mash) com abertura de 2,36 mm. Amostras de 0,2 g do material vegetal foram colocados em tubos tipo falcon contendo 25ml de álcool metílico P.A. e posteriormente armazenadas em freezer a temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  até a realização da análise.

O teor de cumarina nos extratos foi determinado por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), utilizando equipamento composto por bomba Shimadzu-LC 10AD; sistema de dados LC-Work Station Class LC-10; detector UV Shimadzu-SPD 10A e forno CTO10AS. Fase móvel acetonitrila: água (40:60 v/v), fluxo 1,0 mL/min, temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$ , detecção em 280 nm, coluna Kinetex LC<sub>18</sub>, 10 cm x 4,6 mm, 2,6 $\mu\text{m}$ , injetor manual, volume injetado de 20  $\mu\text{L}$  (CELEGHINI et al., 2001).

Como padrão externo, utilizou-se cumarina (1,2-benzopirona) (Sigma-Aldrich®) e, para a determinação da curva de calibração, amostras nas concentrações de 0,00106; 0,00212; 0,00424; 0,00848 e 0,0127 mg/mL foram injetadas em triplicata em aparelho de CLAE. Calculou-se o teor da cumarina a partir da equação da reta obtida com a curva de calibração, sendo o resultado expresso em miligrama (mg) de cumarina por grama de tecido vegetal.

Os resultados foram submetidos à análise de variância. Inicialmente as variâncias dos tratamentos foram avaliadas quanto a sua homogeneidade pelo teste de Bartlett. As variáveis cujas variâncias mostraram-se homogêneas tiveram os efeitos dos tratamentos testados por meio do teste de F, em uma análise de variância. Quando os resultados revelaram existir diferenças estatisticamente significantes entre médias dos tratamentos, estas foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico Statgraphics Centurion XV Versão 15.2.11.

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observadas diferenças entre os níveis de bloqueios das radiações solar UV-A e UV-B incidentes com relação aos valores de massa seca de ramos, folhas e total, assim como sobre os valores de área foliar e altura da parte aérea. Diferença significativa foi verificada somente entre os acessos avaliados com relação aos valores de área foliar (Tabela 1.).

**Tabela 1.** Altura da parte aérea, área foliar (cm<sup>2</sup>) e massa seca de ramos, folhas e total (g.) de acessos de guaco (*Mikania glomerata* Spreng) submetidos a diferentes níveis de bloqueio das radiações solar UV-A e UV-B incidentes. Araquari – SC, 2014.

| Parâmetros                  | Níveis de bloqueios de radiação |                 |             | Acessos  |          |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------------|-------------|----------|----------|
|                             | 0%UV-A/0%UV-B                   | 70%UV-A/80%UV-B | 100% UV-A/B | G1       | G2       |
| <b>Altura</b>               | 60,19 a <sup>(2)</sup>          | 59,02 a         | 59,13 a     | 59,12 a  | 59,77 a  |
| <b>Área Foliar</b>          | 849,02 a                        | 848,68 a        | 852,80 a    | 909,89 a | 790,45 b |
| <b>M.S.R.<sup>(1)</sup></b> | 3,15 a                          | 3,12 a          | 3,08 a      | 3,11 a   | 3,13 a   |
| <b>M.S.F.</b>               | 3,91 a                          | 4,20 a          | 4,00 a      | 3,97 a   | 4,10 a   |
| <b>M.S.T.</b>               | 7,06 a                          | 7,32 a          | 7,08 a      | 7,08 a   | 7,23 a   |

<sup>(1)</sup> M.S.R – massa seca de ramos; M.S.F. – massa seca de folhas; M.S.T. – massa seca total

<sup>(2)</sup> Médias seguidas de mesma letra na linha para níveis de bloqueio de radiação e acessos não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Vários são os relatos na literatura sobre as diferenças nos padrões de crescimento de diferentes espécies vegetais com relação às fontes e níveis de radiação ultravioleta a que são submetidas. Correia et al. (1999) avaliando o efeito da radiação UV-B sobre parâmetros anatômicos e de crescimento de oito cultivares de milho, verificaram efeito negativo nos valores de peso seco e comprimento de espiga e a ausência de efeito com relação ao número de folhas. Amudha et al. (2005) observaram que a supressão das radiações UV-A e UV-B sobre os vegetais resultaram em respostas diferenciadas das espécies objeto de estudo. Observou-se um incremento no crescimento vegetativo de *Cyamopsis tetragonoloba* quando comparado com as espécies de *Vigna radiata* e *Vigna Mungo*, onde nesta, observou-se uma redução e naquela a ausência de efeito. Estes resultados correspondem aos observados em estudos de campo realizados anteriormente por Nouchi et al. (1995) com cultivares de arroz, Lingakumar et al. (1999) com *Vigna unguiculata* L. e Ambler et al. (1975) com Algodão.

Efeitos positivos da radiação ultravioleta em relação aos valores de área foliar estão relacionados principalmente à melhoria na absorção de nutrientes pela planta, fato este que pode ser inferido ao estímulo da radiação ao alongamento das raízes (AMUDHA et al., 2005; AMBLER et al., 1975). No estudo em questão, a diferença nos valores de área foliar observadas entre os acessos G1 e G2 não são inferidas as fontes e níveis de radiação avaliados, podendo os mesmos serem atribuídos a características morfológicas e mesmo fisiológicas dos acessos objeto do estudo.

Foi observado efeito de interação entre os níveis de radiação testados e os valores de cumarina nos diferentes segmentos vegetais dos acessos de *Mikania glomerata* Spreng (Tabela 2).

**Tabela 2.** Teor de cumarina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) em folhas coletadas dos segmentos apical, mediano e basal de acessos de guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) submetidos a diferentes níveis de bloqueio das radiações UV-A e UV-B incidentes. Araquari – SC, 2014.

| Segmento vegetal | Níveis de bloqueio de radiação | Acessos  |          |
|------------------|--------------------------------|----------|----------|
|                  |                                | G1       | G2       |
| Apical           | 0%UV-A/0%UV-B                  | 6,19 a A | 4,21 a B |
|                  | 70%UV-A/80%UV-B                | 5,61 b A | 4,10 a B |
|                  | 100% UV-A/B                    | 5,24 b A | 4,05 a B |
| Mediana          | 0%UV-A/0%UV-B                  | 5,86 a A | 3,67 a B |
|                  | 70%UV-A/80%UV-B                | 4,39 b A | 3,23 a B |
|                  | 100% UV-A/B                    | 4,00 b A | 2,51 b B |
| Basal            | 0%UV-A/0%UV-B                  | 4,54 a A | 2,64 a B |
|                  | 70%UV-A/80%UV-B                | 2,62 b A | 2,24 b A |
|                  | 100% UV-A/B                    | 2,76 b A | 1,60 c B |

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro de cada segmento vegetal, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Houve redução no teor de cumarina com o aumento do bloqueio dos níveis de radiação ultravioleta de até 15,4% no segmento apical; 31,7% no segmento mediano e de 39% no segmento basal (Tabela 2).

Vários estudos apontam a existência de correlação positiva entre os níveis de radiação ultravioleta incidentes sobre as plantas e a síntese de metabólitos secundários, mais precisamente com relação a compostos fenólicos e, neste caso, devido ao fato de os mesmos, com destaque para os flavonóides, atuarem como substâncias fotoprotetoras, impedindo danos causados principalmente pela radiação UV-B aos tecidos vegetais (GOBBO-NETO; LOPES, 2007; RANDRIAMANANA et al., 2015).

McCloud e Berenbaum (1994), observaram em plantas de *Citrus jambhiri* quando expostas a altos níveis de radiação UV-B, a produção de furanocumarinas, um composto fototóxico que confere a espécie resistência ao ataque de pragas.

Em estudo avaliando a influência das radiações UV-A e UV-B sobre a produção de cumarina em plantas de *Clematis terniflora*, Chen et al. (2011), verificaram que a exposição da espécie a altos níveis de radiação UV-B acarretou na síntese de três diferentes tipos de cumarinas. Esta indução, inferem os autores, deveu-se a síntese de proteínas que atuam diretamente sobre a biossíntese dos fenilpropanóides.



Yao et al. (2015) avaliando a função de proteção das substâncias ascorbato e tocoferol em folhas de mutantes de *Arabidopsis thaliana* submetidas a diferentes níveis de radiação UV-B, bem como a sua influência na síntese de carotenóides e fenilpropanóides, observaram um aumento na síntese de fenilpropanóides quando da exposição das plantas a altos níveis de radiação UV-B.

Efeito contrário, ou seja, a inibição da síntese de fenilpropanóides e consequentemente os baixos teores de cumarina observados, pode explicar os resultados obtidos quando da exposição dos acessos de guaco a filtros capazes de bloquear grande parte das radiações solar UV-A e UV-B incidentes (YAO, et al., 2015; CHEN et al., 2011).

Comparando-se os valores de cumarina (mg/g), sem considerar a diferença entre os acessos utilizados, observa-se resultados superiores com relação à síntese de cumarina nas folhas do segmento apical de plantas de Guaco (*Mikania glomerata* Spreng), com valores 26% superiores aos valores de cumarina presentes no segmento basal (Tabela 3).

**Tabela 3.** Teor de cumarina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) em folhas coletadas dos segmentos apical, mediano e basal e teor médio de cumarina, entre os acessos avaliados, sem considerar os segmentos vegetais, de guaco (*Mikania glomerata* Spreng.), submetido a diferentes níveis de bloqueio das radiações UV-A e UV-B incidentes. Araquari – SC, 2014.

|                 | Segmento vegetal |         |        | Acessos |        |
|-----------------|------------------|---------|--------|---------|--------|
|                 | Apical           | Mediano | Basal  | G1      | G2     |
| <b>Cumarina</b> | 4,52 a*          | 3,70 b  | 3,36 b | 4,58 a  | 3,14 b |

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Variações significativas com relação aos teores de cumarina são encontradas nos diferentes órgãos de plantas de guaco, sendo os maiores valores encontrados em folhas jovens e próximas da gema apical, o que indica a região meristemática como o provável sítio de síntese do metabólito, além da possível relação deste com processos de crescimento e desenvolvimento vegetal (CZELUSNIAK et al., 2012; CASTRO et al., 2003).

Pereira (1997), em trabalho avaliando o efeito de fatores predisponentes à produção de cumarina em *Mikania glomerata* Spreng. observou que o maior acúmulo de cumarina se ocorreu durante a fase de crescimento vegetativo das plantas.

Barros (1992), avaliando o efeito da radiação solar sobre o crescimento e a produção de cumarinas em folhas de *Justicia pectoralis* Jack. Var. *Stienothylla* Leonard, observou teores de cumarina vinte vezes superiores em folhas jovens com relação a folhas velhas.

Além disto, as folhas do dosel superior sofrem uma maior interferência da energia luminosa e de acordo com Souza (2006), existe uma correlação altamente significativa entre a intensidade luminosa e a produção de metabólitos secundários, uma vez que a luz afeta o processo de fotossíntese das plantas e que esta intimamente relacionado à síntese de todas as substâncias presentes nos vegetais.

Esta afirmação vai ao encontro dos resultados obtidos por Barros (1992), aonde avaliando o comportamento de plantas de *Justicia pectoralis* Jack., cultivadas a pleno sol e na sombra, observou que nas plantas cultivadas a pleno sol os teores de cumarina total foram maiores do que o das plantas cultivadas a sombra.

Comparando-se os acessos de *Mikania glomerata* Spreng, sem levar em consideração os segmentos vegetais, observa-se uma superioridade do acesso G1 em relação ao acesso G2 da ordem de 32% em relação aos valores médios de cumarina (Tabela 3).

A maior atividade metabólica do acesso G1, inferida pelo fato de o mesmo apresentar valores de área foliar superiores aos observados com o acesso G2, além de questões de ordem genética, podem explicar a superioridade deste em relação ao acesso G2 quando comparados os valores de cumarina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) no tecido vegetal. (YAO, et al., 2015; CHEN et al., 2011; BOURGAUD et al., 2006).

### 3.4. CONCLUSÕES

- Altos níveis de radiação UV-A e UV-B aumentam a produção de cumarina em guaco (*Mikania glomerata* Spreng.);
- Os maiores teores de cumarina são observados em folhas coletadas do segmento apical de plantas de *Mikania glomerata* Spreng;
- O acesso G1 apresenta teores de cumarina superiores ao acesso G2;
- As radiações UV-A e UV-B não influenciaram os valores dos parâmetros morfológicos avaliados.

## REFERÊNCIAS

- AGRA, M. D. F., SILVA, K. N., BASÍLIO, I. J. L. D., FREITAS, P. F. D., BARBOSA-FILHO, J. M. Survey of medicinal plants used in the region Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, n.3, p. 472-508, 2008.
- AMBLER, J.E.; KRIZEK, D.T.; SEMENIUK P. Influence of UV-B radiation on early seedling growth and translocation of Zn from cotyledons in cotton. **Physiologia Plantarum**, v.34, n.3, p.177- 181, 1975.
- AMUDHA, P.; JAYAKUMAR, M.; KULANDAIVELU, G. Impacts of ambient solar UV (280–400 nm) radiation on three tropical legumes. **Journal of Plant Biology**, v.48, n.3, p.284–291, 2005.
- BARNES, J.D.; PERCY, K.E.; PAUL, N.D.; JONES, P.; MCLAUGHLIN, C.K.;MULLINEAUX, P.M.; CREISSEN, G.; WELLBURN, A. R. The influence of UV-B radiation on the physicochemical nature of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) leaf surfaces. **Journal of Experimental Botany**, v.47, v.294, p.99-109, 1996.
- BARROS, R.F.M. “Efeito da radiação solar sobre o crescimento e a produção de coumarinas em folhas de *Justicia pectoralis* var. *Stenophylla* Leonard”. 1992. 160p. Dissertação (Mestrado – Área de Concentração em Botânica). Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- BEJERANO, P.C.; DIAGO, M.P.; ABAIGAR, J.M.; ZAPATER, J.M.; TARDÁGUILA, J.; OLIVEIRA, E.N. Solar ultraviolet radiation is necessary to enhance grapevine fruit ripening transcriptional and phenolic responses. **BMC Plant Biology**, v.14, n.1, p.1, 2014.
- BOURGAUD, F., HEHN, A., LARBAT, R., DOERPER, S., GONTIER, E., KELLNER, S., MATERN, U. (2006). Biosynthesis of coumarins in plants: a major pathway still to be unravelled for cytochrome P450 enzymes. **Phytochemistry Reviews**, v.5, n.2-3, p.293-308, 2006.
- BROETTO, F.; CROCOMO, O.J. Ação de luz UV e GA3 sobre a atividade de enzimas do metabolismo secundário em células de cenoura *in vitro*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.7, n.1, p.61-66, 1995.
- CASTRO, E.M.; PINTO, J.E.B.P.; ALVARENGA, A.A.; LIMA JÚNIOR, E.C.; BERTOLUCCI, S.K.V.; FILHO, J.L.S.; VIEIRA, C.V. Crescimento e anatomia foliar de plantas jovens de *Mikania glomerata* Sprengel (GUACO) submetidas a diferentes fotoperíodos. **Ciência e Agrotécologia**, v.27, n.6, p.1293-1300, 2003.
- CELEGHINI, R.M.S.; VILEGAS, J.H.Y.; LANÇAS, F.M. Extraction and quantitative HPLC analysis of coumarin in hidroalchoolic extracts of *Mikania glomerata* Sprengel (guaco). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.12, n.6, p.706-709, 2001.

CHEN, R.; ZHENG, W.; CUI, L.; GUO, Y.; SUN, M.; NING, W.; ZHANG, L.; TIAN, J. Comparative proteomic study reveals the biosynthesis of coumarins in leaves of *Clematis terniflora* upon UV radiation. In: 50<sup>TH</sup> ANNIVERSARY MEETING PHYTOCHEMICAL SOCIETY OF NORTH AMERICA, 2011, Hawaii. **Congress proceedings**. Hawaii: Fairmont Orchid, 2011. p.10-15.

CORRÊA, M.F.P.; MELO, G.O.; COSTA, S.S.. Substâncias de origem vegetal potencialmente úteis na terapia da Asma. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, n.1, p.785-797, 2008.

CORREIA, C.M. AREAL, E.L.V., TORRES-PEREIRA, M.S., TORRES-PEREIRA, J.M.G. Intraspecific variation in sensitivity to ultraviolet-B radiation in maize grown under field conditions: II. Physiological and biochemical aspects1Part I-Field Crops Research 59 (1998), 81–89.1. **Field Crops Research**, v.62, n.2, p.97-105, 1999.

CZELUSNIAK, K.E.; BROCCO, A.; PEREIRA, D.F.; FREITAS, G.B.L. Farmacobotânica, fitoquímica e farmacologia do Guaco: revisão considerando *Mikania glomerata* Sprengel e *Mikania laevigata* Schultze Bip. ex Baker. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.14, n.2, p.400-409, 2012.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N.P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v.30, n.2, p.374–381, 2007

GOMIDE, M.B.; LEMOS, O.V.; TOURINO, D.; CARVALHO, M.M.; CARVALHO, J.G.; DUARTE, C.S. Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. **Ciência Prática**, v.1, n.2, p.118-123, 1977.

HEIJDE, M.; ULM, R. UV-B photoreceptor-mediated signalling in plants. **Trends in Plant Science**, v.17, n.4, p.230-237, 2012.

HUERTA, A.S. Comparación de métodos de laboratorio y de campo para el área del café. **Cenicafé**, v.13, n.1, p.33-42. 1962.

LINGAKUMAR, K.; AMUDHA, P.; KULANDAIVELU, G. Exclusion of solar UV-B (280-315 nm) radiation in vegetative growth and photosynthetic activities in *Vigna aunguiculata* L. **Plant Science**, v.148, n.2, p.97-103, 1999.

MADRONICH, S. et al. Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. **Journal of Photochemistry and Photobiology**, v.46, n.1, p.5-19, 1998.

MATSUSHITA, M.S.; CORRÊA JÚNIOR, C.; SANTOS, A.J.; HOSOKAWA, R.T. Produção e comercialização do guaco (*Mikania laevigata* Schultze Bip. ex Baker) na região Sul do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.17, n.3, p.351-359, 2015.

McCLOUD, E.S.; BERENBAUM, M.R. Stratospheric ozone depletion and plant insect Interactions: effects of UV-B Radiation on foliage quality of citrus jambhiri for *trichoplusia* ni. **Journal of Chemical Ecology**, v.20, n.3, p.525-539, 1994.

NOUCHI, I.; HOBAYASHI, K. Effects of enhanced ultraviolet-B radiation with modulated lamp control system on growth of 17 rice cultivars in the field. **Journal of Agricultural Meteorology**, v.51, n.1, p.11-20, 1995.

PAUL, N.D.; JACOBSON, R.J.; TAYLOR, A.; WARGENT, J.J.; MOORE, P. The use of wavelength-selective plastic cladding materials in horticulture: Understanding of crop and fungal responses through the assessment of biological spectral weighting functions. **Photochemistry and Photobiology**, v.81, n.5, p.1052–1060, 2005.

PETRULOVÁ, V.; DUČAIOVÁ, Z.; REPČÁK, M.. Short-term uv-b dose stimulates production of protective metabolites in *Matricaria chamomilla* leaves. **Photochemistry and Photobiology**, v.90, n.5, p.1061-1068, 2014.

PEREGRINO, C.A.F.; LEITÃO, S.G. Chromatographical profiles of fluid extracts and tinctures obtained from *Mikania glomerata* Sprengel sterilized by gamma ray irradiation. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.15, n.3, p.237-242, 2005.

PEREIRA, A. M. S. **Propagação e co-cultivo de células como fatores predisponentes à produção de cumarina em *Mikania glomerata* Sprengel (guaco)**. 82 f. Tese (Doutorado – Área de Concentração em Agronomia) – Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu. 1997

RANDRIAMANANA, T. R.; LAVOLA, A.; JULKUNEN-TIITTO, R. Interactive effects of supplemental UV-B and temperature in European aspen seedlings: Implications for growth, leaf traits, phenolic defense and associated organisms. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.93, n.1, p.84-93, 2015.

SCHREINER, M.; MEWIS, I.; HUYSKENS-KEIL, S.; JANSEN, M. A. K.; ZRENNER, R.; WINKLER, J. B.; O'BRIEN, N.; KRUMBEIN, A. UV-B-induced secondary plant metabolites – potential benefits for plant and human health. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.31, n.3, p.229–240, 2012.

SILVA, M.I.G.; GONDIM, A.P.S.; NUNES, I.F.S.; SOUSA, F.C.F. Utilização de fitoterápicos nas unidades básicas de atenção à saúde da família no município de Maracanaú (CE). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, n.4, p.455-462, 2006.

SOUZA, G.S. **Desenvolvimento vegetativo, características anatômicas e fitoquímicas de plantas jovens de duas espécies de guaco, submetidas a diferentes condições de qualidade de radiação**. 118 f. Tese (Doutorado – Área de Concentração em Fisiologia vegetal) – Departamento de Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

SUN, M.; GU, X.; FU, H.; ZHANG, L.; CHEN, R.; CUI, L.; ZHENG, L.; ZHANG, M.; TIAN, J. Change of secondary metabolites in leaves of *Ginkgo biloba* L. in response to UV-B induction. **Innovative Food Science e Emerging Technologies**, v.11, n.4, p. 672-676, 2010.

VIDAL, L.H.I.; SOUZA, J.R.P.; FONSECA, E.P.; BORDIN, I. Qualidade de mudas de guaco produzidas por estaquia em casca de arroz carbonizada com vermicomposto. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.1, p.26-30, 2006.

YAO, Y.; YOU, J.; OU, Y.; MA, J.; WU, X.; XU, G. Ultraviolet-b protection of ascorbate and tocopherol in plants related with their function on the stability on carotenoid and phenylpropanoid compounds. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.90, n.1, p.23-31, 2015.

## CAPÍTULO 4

### FONTES NITROGENADAS E SUAS RELAÇÕES COM PARÂMETROS DE CRESCIMENTO, BIOQUÍMICOS E TEOR DE CUMARINA EM GUACO

#### RESUMO

*Mikania glomerata* Spreng, ou guaco, é uma espécie medicinal nativa das américas central e do sul utilizada para o tratamento de doenças do trato respiratório por apresentar em sua composição o metabólito secundário cumarina. O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito de fontes de nitrogênio sobre parâmetros morfológicos, bioquímicos e o teor de cumarina em dois acessos de *M. glomerata* Spreng em casa de vegetação. O experimento foi conduzido em um sistema completamente casualizado, em um arranjo fatorial 2 x 4, sendo os tratamentos obtidos da combinação de dois acessos de *Mikania glomerata* Spreng. e quatro fontes de nitrogênio. A adubação nitrogenada, correspondente a 1100 mg de N vaso<sup>-1</sup>, foi aplicada de forma parcelada em três vezes, sendo a primeira parcela, correspondente a 1/3 da dose total, aplicada no momento do plantio. As demais fertilizações, na mesma proporção, foram aplicadas em cobertura aos 35 e 70 dias após o plantio. O experimento foi conduzido por um período de 105 dias, sendo as plantas regadas para a manutenção da umidade do substrato. Após o período de condução, as plantas foram avaliadas quanto aos seguintes parâmetros: altura da parte aérea, massa fresca e seca de folhas, ramos e total; área foliar, teor de cumarina, proteínas, aminoácidos, atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (FAL) e nitrogênio foliar. As fontes de nitrogênio promoveram incremento nos valores dos parâmetros de crescimento avaliados, com exceção da altura, sendo o efeito atribuído ao comportamento iônico dos íons envolvidos. A diferença observada entre os acessos avaliados, dentro dos parâmetros de crescimento, pode está relacionada a características genéticas. A ausência de diferença entre os valores de aminoácidos e proteínas nos acessos pode estar relacionada aos teores de nitrogênio orgânico presentes no solo. Não houve efeito das fontes de nitrogênio sobre os teores de cumarina, sendo os resultados atribuídos a baixa atividade da enzima fenilalanina amônia-liase, chave para a síntese do metabólito. Os parâmetros de crescimento analisados não se correlacionaram com os teores de cumarina em ambos os acessos de *M. glomerata* avaliados.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Mikania glomerata* spreng; nitrogênio; nutrição mineral; metabolismo secundário; compostos fenólicos.



## NITROGEN SOURCES AND THEIR RELATIONSHIPS WITH GROWTH PARAMETERS, BIOCHEMISTS AND COUMARIN CONTENT IN GUACO

### ABSTRACT

*Mikania glomerata* Spreng, or guaco, is a medicinal species native to southern Brazil used for the treatment of diseases of the respiratory tract because it contains coumarin (1,2-benzopyrone). Coumarin is a kind of secondary metabolite belonging to the class of phenolic compounds that may have its synthesis influenced by a number of factors, such as fertilization. The aim of this work was to evaluate the effect of urea, nitrate and ammonium sulfate on morphological, biochemical parameters and coumarin content in two accesses of *M. glomerata* Spreng. The experiment was carried out in a completely randomized system, in a 2 x 4 factorial arrangement, with the treatments representing the combination of two accesses of *Mikania glomerata* Spreng., and 4 sources of nitrogen fertilization, including the control treatment. The basic fertilization was carried out according to the recommendation for passion fruit cultivation for the states of Rio Grande do Sul and Santa Catarina. Nitrogen fertilization, corresponding to 1099.5 mg of N / pot, was applied in installments three times, and the first plot, corresponding to 1/3 of the total dose, applied at the time of planting. The other fertilizations, in the same proportion, were applied in cover at 35 and 70 days after planting. The experiment was conducted for a period of 105 days, and the plants were watered daily to maintain substrate moisture. After the conduction period, the plants were evaluated for the following parameters: shoot height, fresh and dry weight of leaves, branches and total; leaf area, coumarin content, proteins, amino acids, FAL and leaf nitrogen. The nitrogen sources promoted an increase in the values of the parameters of growth evaluated, except for the height, being the effect attributed to the ionic properties of the ions involved. The observed difference between the accesses evaluated, within the growth parameters, may be related to genetic characteristics. The absence of difference between the amino acid and protein values in the accessions can be related to the organic nitrogen contents present in the soil. There were no effects of nitrogen sources on coumarin levels, and the results were attributed to the low activity of the phenylalanine ammonia-lyase enzyme, which is key to the metabolite synthesis. The growth parameters analyzed did not correlate with the coumarin levels in both *M. glomerata* accesses evaluated.

**KEY WORDS:** *Mikania glomerata* spreng.; nitrogen; Mineral nutrition; Secondary metabolism; Phenolic compounds.

## 4.1. INTRODUÇÃO

*Mikania glomerata* Spreng. é uma espécie medicinal, pertencente à família Asteracea, nativa da região sul do Brasil, conhecida popularmente como guaco, “coração-de-jesus”, guaco-liso e erva-de-cobra (CASTRO, 2003).

É uma espécie trepadeira, sublenhosa, de grande porte e perene, que vem sendo utilizada há muitos séculos na medicina popular para a produção de medicamentos destinados ao tratamento de tosse e problemas respiratórios, sendo as características medicinais da espécie atribuídas a cumarina (1,2-benzopirona) (MATSUSHITA et al., 2015; VIDAL, et al., 2006; PEREGRINO; LEITÃO, 2005).

As cumarinas são um tipo de metabólitos secundários da classe dos compostos fenólicos, que tem a sua biossíntese a partir do ácido cinâmico, formado através da ação da enzima fenilalanina amônia-liase (FAL) (PRAIA et al., 2014).

A biossíntese de compostos fenólicos está relacionada a mecanismos de resposta, das plantas, a condições de estresse ambiental, a exemplo da nutrição mineral que pode estimular ou inibir a síntese do metabólito, sendo os efeitos variáveis entre as espécies devido às diferentes rotas bioquímicas utilizadas para a biossíntese do composto (FREITAS et al., 2008; LEITE et al., 2012; HAUKIOJA et al., 1998).

Poucas são as informações acerca dos aspectos nutricionais de plantas nativas, bem como de seu comportamento em cultivos comerciais, havendo-se a necessidade da definição de padrões de comportamento para a otimização da produção em áreas de cultivo, nas quais utiliza-se grandes quantidades de fertilizantes, principalmente os nitrogenados, o que pode vir a acarretar alterações no estado nutricional das plantas (CORTÉZ et al.; 2007).

O nitrogênio é um nutriente essencial para o desenvolvimento e produção vegetal, estando presente na constituição de uma série de compostos, a exemplo das clorofilas, aminoácidos, proteínas, enzimas, e outros compostos importantes do metabolismo, sendo que tanto o excesso, quanto o déficit do elemento, podem afetar, sobremaneira, o metabolismo das espécies, alterando parâmetros como o número de folhas, área foliar, diâmetro do caule e número de ramificações (MALAVOLTA, 2006).

Em cultivos agrícolas, as adubações nitrogenadas são utilizadas com o intuito de se buscar incremento nos valores de biomassa, no entanto, os nutrientes minerais não

afetam somente o metabolismo primário das espécies, mas também o metabolismo secundário, existindo evidências de que não somente a disponibilidade ambiental do elemento, mas a quantidade deste que é incorporada aos tecidos da planta, é que são responsáveis por causar estes efeitos, apesar de não ser possível o estabelecimento de regras sólidas e estáveis para a relação (DUSTIN; COOPER-DRIVER, 1992).

Dentre os fertilizantes nitrogenados, a uréia (45% de nitrogênio), se destaca entre as fontes de nitrogênio disponíveis no mercado devido, dentre outros fatores, à facilidade de aquisição, baixo custo, elevada solubilidade e compatibilidade para a mistura com outros fertilizantes, apesar de ser facilmente perdida por volatilização e causar acidificação do solo (YANO et al., 2005). Outras fontes de nitrogênio fornecidas às plantas na forma de fertilizantes nitrogenados são o sulfato de amônio (20% de nitrogênio) e o nitrato de amônio (33% de nitrogênio) (SILVA et al., 2012).

De modo geral, todas as fontes solúveis de nitrogênio, quando adequadamente manejadas, apresentam comportamento similar, sendo que as diferenças observadas ocasionalmente podem estar relacionadas com a presença de outros elementos nos fertilizantes, como é o caso do enxofre no sulfato de amônio, ou com o efeito que alguns fertilizantes nitrogenados exercem sobre a reação do solo (COELHO, 1994).

Informações a respeito do desenvolvimento de *Mikania glomerata* Spreng em resposta a adubação com diferentes fontes nitrogenadas são escassas, ou quase desconhecidas, principalmente no que tange a aspectos relacionados ao crescimento e produção de cumarina.

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito de diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados e as suas relações com parâmetros de crescimento, bioquímicos e o teor de cumarina em dois acessos de *Mikania glomerata* spreng.

## 4.2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dois acessos de Guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) denominados de G1 e G2, originários respectivamente da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) localizada no município de Itajaí e da Fazenda experimental do Instituto Federal Catarinense - Câmpus Araquari.

As exsicatas foram depositadas no herbário do museu botânico Gerdt Hatschbach, da Prefeitura Municipal de Curitiba, sob os números 367612 e 340947, referentes aos acessos G1 e G2, respectivamente.

As estacas, contendo um nó, foram obtidas com um corte em bisel na base e corte reto acima da última gema apical, deixando-as com um comprimento aproximado de 10 cm, sendo mantidas duas folhas na porção apical com sua área reduzida à metade. Para a desinfestação, as estacas foram imersas em solução de hipoclorito de sódio a 0,5% por cinco minutos, com posterior lavagem em água corrente por dois minutos. As bases das estacas foram tratadas com ácido indol butírico (IBA) na concentração de 3000ppm em solução alcoólica (50%) durante quinze segundos. O plantio foi realizado em sacos para produção de mudas com dimensões de 10 x 18 cm contendo substrato comercial da marca Carolina<sup>®</sup>, composto de turfa de esfagno, vermiculita expandida, calcário dolomítico, gesso agrícola e traços de fertilizante NPK. As estacas foram mantidas por um período de 45 dias em túnel de nebulização (80% UR). A aclimação foi realizada em sombrite (40%) por 10 dias, seguido de pleno sol por igual período antes de se efetuar o plantio.

Para o plantio utilizou-se solo previamente peneirado em peneira do tipo feijão nº55, coletado na camada arável (0-20cm) em área da Fazenda experimental do Instituto Federal Catarinense Câmpus Araquari, apresentando as seguintes características químicas: pH-Água: 5,7; SMP: 6,0;  $\text{Al}^{3+}$ : 0  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ : 3,3  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca}^{2+}$ : 2,4  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$ : 0,1  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{K}^+$ : 20,0  $\text{mg dm}^{-3}$ ; SB: 2,46  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; T: 5,76  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; P: 10  $\text{mg dm}^{-3}$ ; M.O: 2,9 %; V%: 42,76; Ca/Mg: 38,08.

O plantio foi efetuado em vasos de polietileno com volume de 5 litros, sendo o volume do vaso completado com solo. Plantou-se uma muda por vaso, apresentando, no momento do plantio, altura média de 14 cm.

A adubação foi efetuada de acordo com a recomendação para a cultura do maracujá para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2016).

A adubação nitrogenada, correspondente a 210  $\text{mg dm}^{-3}$  de N foi aplicada de forma parcelada em três vezes, sendo a primeira parcela, correspondente a 1/3 da dose total, ou 70  $\text{mg dm}^{-3}$  de N, aplicada no momento do plantio. As demais fertilizações, de igual valor, foram aplicadas em cobertura aos 35 e 70 dias após o plantio. A adubação

fosfatada, na forma de superfosfato triplo (46% de  $P_2O_5$ ), correspondente ao valor de 200  $mg\ dm^{-3}$  de  $P_2O_5$ , foi aplicada em dose única no momento do plantio. A adubação potássica, na forma de cloreto de potássio (60% de  $K_2O$ ), com valor de 160  $mg\ dm^{-3}$  de  $K_2O$ , foi parcelada em três vezes, sendo 50% aplicada no momento do plantio e o restante diluída em doses iguais, aplicadas em cobertura juntamente com a adubação nitrogenada.

O delineamento experimental utilizado foi o completamente casualizado disposto em um arranjo fatorial 2 x 4. Os tratamentos representam a combinação de dois acessos de *Mikania glomerata* Spreng. e quatro fontes de adubação nitrogenada: nitrato de amônio (33% N + 1% S); sulfato de amônio (22% N + 22% S) e uréia (45% N), incluindo o tratamento testemunha, sem nitrogênio. Foram utilizadas quatro repetições por tratamento, sendo cada uma composta pela média de quatro plantas.

O experimento foi implantado em dezembro de 2015, sendo conduzido por um período de 105 dias. Regas diárias eram realizadas para a manutenção da umidade do solo.

Após este período, as plantas foram coletadas sendo analisados os seguintes parâmetros: altura da parte aérea, massa seca e fresca de folhas, ramos e total, área foliar, teor de cumarina, teor de proteínas; aminoácidos; atividade da enzima fenilalanina amônia - liase (FAL) e os teores de nitrogênio foliar.

Para a determinação da área foliar, utilizou-se o método dos discos, de acordo com Huerta (1962) e Gomide et al. (1977). Foram utilizadas 50 folhas por planta, coletadas de forma aleatória dos terços apical, mediano e basal.

Para a determinação dos valores de massa seca de folhas e ramos, amostras representando aproximadamente 10% da massa fresca total das partes foram acondicionadas em sacos de papel pardo e colocadas para secar em estufa de circulação de ar forçado à temperatura de 65 °C até peso constante. Os valores de massa seca total foram obtidos através da soma dos valores de massa seca de folhas e ramos.

Para a determinação dos teores de aminoácidos; proteínas e os valores de atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (FAL) nos tecidos foliares, utilizou-se as metodologias descritas respectivamente por Bates et al. (1973), Bradford (1976) e Rodrigues et al. (2006). Para isto, as folhas foram coletadas do 3° ao 5° nós a partir do

ápice, e imediatamente colocadas em nitrogênio líquido para armazenamento até o momento da realização das análises.

Para a determinação dos teores de N, P e K, foram utilizadas as folhas coletadas do 6° e 7° nós a partir do ápice, sendo colocadas em estufa de circulação de ar forçado a temperatura de 45 ° C para secagem e envio ao laboratório.

Para a determinação dos teores de cumarina (mg/g), foram coletadas, de forma aleatória, quatro folhas de cada segmento da planta (apical, mediano e basal) e de cada folha foram retirados, com o auxílio de um furador, 10 discos com diâmetro de 1cm sendo, posteriormente fragmentados. Os fragmentos resultantes foram passados em peneira (tamiz) de malha 8 (mash) com abertura de 2,36 mm. Amostras de 0,2 g do material vegetal foram colocados em tubos tipo falcon contendo 25ml de álcool metílico P.A. e posteriormente armazenadas em freezer a temperatura de – 18 °C até a realização da análise.

O teor de cumarina nos extratos foi determinado por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), utilizando equipamento composto por bomba Shimadzu-LC 10AD; sistema de dados LC-Work Station Class LC-10; detector UV Shimadzu-SPD 10A e forno CTO10AS. Fase móvel acetonitrila:água (40:60 v/v), fluxo 1,0 mL/min, temperatura de 40 °C, detecção em 280 nm, coluna Kinetex LC<sub>18</sub>, 10 cm x 4,6 mm, 2,6µm, injetor manual, volume injetado de 20 µL (Celeghini et al., 2001).

Como padrão externo, utilizou-se cumarina (1,2-benzopirona) (Sigma-Aldrich®) e, para a determinação da curva de calibração, amostras nas concentrações de 0,00106; 0,00212; 0,00424; 0,00848 e 0,0127 mg mL<sup>-1</sup> foram injetadas em triplicata em aparelho de CLAE. Calculou-se o teor da cumarina a partir da equação da reta obtida com a curva de calibração, sendo o resultado expresso em miligrama (mg) de cumarina por grama de tecido vegetal.

Os resultados foram submetidos à análise de variância. Inicialmente as variâncias dos tratamentos foram avaliadas quanto a sua homogeneidade pelo teste de Bartlett. As variáveis cujas variâncias mostraram-se homogêneas tiveram os efeitos dos tratamentos testados por meio do teste de F, em uma análise de variância. Quando os resultados revelaram existir diferenças estatisticamente significantes entre médias de tratamentos, estas foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade utilizando-se o software estatístico Statgraphics Centurion XV Versão 15.2.11.

### 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de sulfato de amônio e de uréia resultou em valores médios de área foliar de 0,46 m<sup>2</sup>, valor 77% superior ao obtido com o tratamento sem aplicação de nitrogênio, com média de 0,26 m<sup>2</sup> (Tabela 1).

**Tabela 1.** Altura da parte aérea (cm), área foliar (m<sup>2</sup>), massa seca de caule e total (g.), de acessos de guaco (*Mikania glomerata* Spreng), fertilizados com diferentes fontes de nitrogênio. Araquari – SC, 2016.

| Parâmetros                     | Fonte de N             |          |         | Acessos |          |          |
|--------------------------------|------------------------|----------|---------|---------|----------|----------|
|                                | N.A <sup>(1)</sup>     | S.A      | U.R     | TEST    | G1       | G2       |
| <b>Altura</b>                  | 226,8 a <sup>(3)</sup> | 213,7 a  | 256,0 a | 187,3 a | 196,46 b | 245,43 a |
| <b>Área foliar</b>             | 0,44 ab                | 0,46 a   | 0,46 a  | 0,26 b  | 0,389 a  | 0,424 a  |
| <b>M.S.Caule<sup>(2)</sup></b> | 42,18 a                | 34,40 ab | 47,70 a | 20,77 b | 35,64 a  | 36,88 a  |
| <b>M.S.Total</b>               | 85,03 a                | 77,79 ab | 94,39 a | 45,07 b | 74,55 a  | 76,58 a  |

<sup>(1)</sup> N.A – nitrato de amônio; S.A – sulfato de amônio; U.R - uréia

<sup>(2)</sup> M.S.Caule – massa seca de caule; M.S.Total – massa seca total

<sup>(3)</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Os valores de massa seca de caule e massa seca total também foram maiores com a aplicação de uréia, assim como de nitrato de amônio (Tabela 1).

Houve efeito de interação entre acesso e fonte de nitrogênio para massa seca de folhas, tendo as fontes de nitrogênio apresentado resultados superiores ao tratamento testemunha (Tabela 2).

**Tabela 2.** Massa seca de folha (g.), de acessos de guaco (*Mikania glomerata* Spreng), cultivados com diferentes fontes de nitrogênio. Araquari – SC, 2016.

| Fonte de N        | Acessos                  |           |
|-------------------|--------------------------|-----------|
|                   | G1                       | G2        |
| Nitrato de amônio | 42,17 a A <sup>(*)</sup> | 43,51 a A |
| Sulfato de Amônio | 33,08 a A                | 53,71 a A |
| Uréia             | 55,29 a A                | 38,10 a A |
| Testemunha        | 25,11 b A                | 23,50 b A |

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiuscula, na linha, não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Pereira et al. (1998), em experimento avaliando a influência de fontes orgânicas e nitrato de amônio na produção de biomassa em *Mikania glomerata* Spreng., verificaram

que a adubação com nitrato de amônio induziu a um aumento nos valores de massa seca e fresca de ramos e folhas.

Fagundes et al. (2007), avaliando o efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o desenvolvimento de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.), observaram que as fontes de nitrogênio influenciaram os valores de área foliar para a espécie, sendo a uréia a forma mais recomendada para o incremento dos valores do parâmetro.

A absorção de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) através da membrana plasmática das células da epiderme e do córtex da raiz ocorre através de transportadores específicos para essas formas de nitrogênio mediados por carregadores de alta e baixa afinidades, dependendo da concentração do nutriente presente no solo (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

Desta forma, a presença de carregadores específicos para a absorção das fontes de nitrogênio, além do comportamento iônico dos íons envolvidos, pode explicar estes resultados, visto que o íon amônio, devido a sua carga positiva, fica aderido às partículas do solo. Já o íon nitrato, que apresenta carga negativa, permanece na solução do solo, sendo mais facilmente absorvido pela planta (RAIJ, 1991; MENGUEL; KIRKBY, 1987).

Além disto, a presença de outros nutrientes, a exemplo do enxofre presente na composição do nitrato de amônio e sulfato de amônio, podem explicar o incremento observado nos parâmetros morfológicos avaliados, visto que o elemento atua, de forma indireta, no incremento dos valores para os parâmetros através da melhora no metabolismo do nitrogênio pelas plantas (ALI et al., 2013).

Diferença entre os acessos avaliados foi observada somente para os valores de altura da parte aérea, sendo o resultado atribuído a características genéticas dos acessos.

Os teores de aminoácidos e proteínas dos acessos de *M. glomerata* objetos do estudo, não sofreram efeito das fontes de nitrogênio (Tabela 3).



**Tabela 3.** Teores de aminoácidos (mg/g tecido) e proteínas (mg/g tecido) de acessos de guaco (*Mikania glomerata* Spreng.), cultivados com diferentes fontes de nitrogênio. Araquari – SC, 2016.

| Parâmetros         | Fonte de N             |         |         | Acessos |         |         |
|--------------------|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                    | N.A <sup>(1)</sup>     | S.A     | U.R     | TEST    | G1      | G2      |
| <b>Aminoácidos</b> | 0,408 a <sup>(2)</sup> | 0,307 a | 0,300 a | 0,258 a | 0,286 a | 0,301 a |
| <b>Proteínas</b>   | 1,871 a                | 1,614 a | 1,674 a | 1,449 a | 1,839 a | 1,466 a |

<sup>(1)</sup> N.A – nitrato de amônio; S.A – sulfato de amônio; U.R - uréia

<sup>(2)</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

De acordo com Franklin et al. (2017) em experimento avaliando a eficiência do uso pelas plantas de fontes orgânicas e inorgânicas de fertilizantes nitrogenados relatam que o custo de carbono para a assimilação de nitrogênio orgânico na forma de proteínas é menor do que para as fontes inorgânicas, mesmo quando sua disponibilidade para as raízes é cerca de 70% menor em relação as fontes inorgânicas.

Além disto, a assimilação de nitrogênio em proteínas envolve uma série de processos bioquímicos com consumo de energia e carbono. Para a absorção de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) por exemplo, faz-se necessário a redução do mesmo para a forma de nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), seguido da conversão em amônio para posterior incorporação em aminoácidos pelas enzimas sintase da glutamina (GS) e sintase do glutamato (GOGAT), formando glutamina (GLN), glutamato (GLU) e outros amonoácidos.(BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2000).

Em comparação com o nitrogênio inorgânico, a absorção de nitrogênio orgânico pelas plantas resulta em economia de energia e carbono utilizado para a redução e síntese de glutamina (FRANKLIN et al., 2017).

Estes dados podem explicar a ausência de diferença nos valores dos parâmetros analisados, considerando que o solo utilizado para o experimento apresentava teores de matéria orgânica de 2,9%, considerados médios de acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016), além de as plantas não terem apresentado sintomas de deficiência do elemento, com teores de nitrogênio foliar variando entre 2,1 a 2,95% e 2,27 a 2,76% respectivamente para os acessos G1 e G2 (Tabela 4), considerados níveis adequados encontrados em folhas de *Passiflora edulis* Sims flavicarpa DEG, cultura utilizada como parâmetro para se efetuar a adubação em *M. glomerata* devido a não existência de recomendação de adubação mineral para a cultura.

**Tabela 4.** Teores de nitrogênio foliar ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) de acessos de Guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) cultivados com diferentes fontes de nitrogênio. Araquari – SC, 2016.

| Acessos | Fonte de N         |       |       |       |
|---------|--------------------|-------|-------|-------|
|         | N.A <sup>(1)</sup> | S.A   | UR    | TEST  |
| G1      | 23,14              | 21,03 | 29,53 | 21,62 |
| G2      | 25,98              | 27,61 | 22,71 | 27,43 |

<sup>(1)</sup> N.A – nitrato de amônio; S.A – sulfato de amônio; U.R - uréia

Não houve efeito de fonte de nitrogênio sobre os teores de cumarina nos acessos de *Mikania glomerata* avaliados (Tabela 5).

**Tabela 5.** Teores de cumarina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) e (FAL) fenilalanina amônia liase ( $\text{mmol de ác. cinâmico h}^{-1} \text{g}^{-1} \text{MF}$ ) de acessos de guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) cultivados com diferentes fontes de nitrogênio. Araquari – SC, 2016.

| Parâmetros | Fonte de N |         |         |         | Acessos |         |
|------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|            | N.A        | S.A     | UR      | TEST    | G1      | G2      |
| Cumarina   | 2,57 a     | 2,52 a  | 3,03 a  | 2,28 a  | 2,66 a  | 2,54 a  |
| F.A.L.     | 0,033 a    | 0,038 a | 0,044 a | 0,054 a | 0,040 a | 0,044 a |

<sup>(1)</sup> N.A – nitrato de amônio; S.A – sulfato de amônio; U.R - uréia

<sup>(2)</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Apesar de a hipótese do balanço carbono/nutrientes sugerir que em ambientes pobres em nutrientes o crescimento das espécies vegetais sofre maior limitação da disponibilidade de nutrientes do que da fotossíntese, e que nestas condições, a síntese de metabólitos secundários é estimulada, a relação entre disponibilidade de nutrientes no solo e a produção de metabólitos secundários apresenta resultados bastante controversos (GOBBO-NETO e LOPES, 2007).

Alguns autores, a exemplo de Bryant et al. (1983), em experimento avaliando o balanço da relação carbono/nutriente na resistência a herbivoria de espécies arbóreas e Coley et al. (1985), avaliando a resposta a herbivoria de plantas em relação a disponibilidade de nutrientes e outros fatores limitantes, observarem a existência de relação negativa entre a disponibilidade de nutrientes no solo e a síntese de metabólitos secundários, principalmente em relação aos compostos fenólicos.

Outros autores, a exemplo de Iason et al. (1983), avaliando a composição química de *Calluna vulgaris* em diferentes estádios fenológicos em resposta a adubação com nitrato de amônio e Herms e Mattson (1982) em revisão bibliográfica em que abordam os

mecanismos de defesa e crescimento vegetal em relação a disponibilidade de nutrientes, não observaram relação direta entre os baixos níveis de fertilidade e a produção de metabólitos secundários.

No caso dos compostos fenólicos, a exemplo das cumarinas, existe uma relação direta entre a síntese do composto e atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (FAL), responsável pelo primeiro passo na síntese dos fenilpropanóides, através da conversão da fenilalanina em ácido trans-cinâmico, sendo o aumento na atividade da enzima relacionado a respostas da planta a mecanismos de proteção e adaptação a situações de estresse (RODRIGUES et al., 2006; CHAKRABORTY, et al., 2001; RIVERO et al., 2001).

Em circunstâncias em que o acúmulo total de biomassa ocorre simultaneamente com o do órgão responsável pelo acúmulo do metabólito, os níveis globais de princípios ativos podem ser negativamente afetados devido à redução na atividade da enzima chave do processo, no caso a fenilalanina amônia-liase (PEREIRA et al., 1998).

Desta forma, a falta de diferença entre as fontes de nitrogênio com relação aos teores de cumarina, podem ser justificados devido as mesmas não afetarem de forma positiva a atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (FAL), cujos valores variaram entre 0,033 no tratamento em que utilizou-se como fonte de nitrogênio o nitrato de amônio e 0,054 - mmol de ác. cinâmico  $\text{h}^{-1} \text{g}^{-1}$  MF na testemunha não fertilizada.

A análise do coeficiente de correlação entre os parâmetros morfológicos e o teor de cumarina não apresentou resultados significativos, variando entre 0,01 para os valores de altura de planta e 0,26 para os valores de peso seco de folhas.

#### 4.4. CONCLUSÕES

- A presença de outros elementos, a exemplo do enxofre, bem como a presença de transportadores específicos de membrana, explicam o efeito das fontes de nitrogênio com relação às médias dos parâmetros morfológicos avaliados;
- A aplicação de fontes de nitrogênio não afetou a atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (FAL), enzima chave no processo de síntese da cumarina;
- O teor de matéria orgânica no solo utilizado para o experimento explica a ausência de diferenças nos teores de aminoácidos e proteínas encontrados.

## REFERÊNCIAS

- ALI, Z.; GANIE, S. H.; NARULA, A.; ABDIN, M. Z.; SRIVASTAVA, P. S. Organic and inorganic fertilizers influence biomass production and esculin content in *Cichorium intybus* L. **Journal of Phytology**, v. 4, n. 5, 2013.
- BATES, L.S.; WALDERN, R.P.; TEARE, I.D.; Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant and Soil**, The Hague, v.39. p.205- 207, 1973.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing principle of protein dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p. 248-254, 1976.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulation of nitrogen absorption and assimilation in plants. **Ciência rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.
- BRYANT, J. P.; CHAPIN, F.S.; KLEIN, D.R. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. **Oikos**, p. 357-368, 1983
- CASTRO, E.M.; PINTO, J.E.B.P.; ALVARENGA, A.A.; LIMA JÚNIOR, E.C.; BERTOLUCCI, S.K.V.; FILHO, J.L.S.; VIEIRA, C.V. Crescimento e anatomia foliar de plantas jovens de *Mikania glomerata* Sprengel (GUACO) submetidas a diferentes fotoperíodos. **Ciência e agrotécnica**, Lavras. V.27, n.6, p.1293-1300, nov./dez., 2003.
- CELEGHINI R.M.S; VILEGAS J.H.Y.; LANÇAS F.M. Extraction and quantitative HPLC analysis of coumarin in hidroalchoolic extracts of *Mikania glomerata* Sprengel (guaco). **J Braz Chem Soc.** 12: 706-709, 2001.
- CHAKRABORTY, U.; DUTTA, S. e CHAKRABORTY, B. Droughth induced biochemical changes in young tea leaves. **Indian Journal of Plant Physiology**, 6:103-106, 2001.
- COELHO, A. M. **Fertirrigação**. In: COSTA, E.F. da; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.F. (Ed.). Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: EMBRAPA-SPI. p 201-227, 1994.
- COLEY, P.D.; BRYANT, J.P.; CHAPIN, F.S. Resource availability and plant antiherbivore defense. **Science**, v. 230, p. 895-900, 1985.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Comissão de Química e Fertilidade do Solo**. - 10. ed.– Porto Alegre, 2016.
- CORTÉZ, A.M.P.; BIASI, L.A.; SERRAT, B.M.; NAKASHIMA, T. Extração de nutrientes pela parte aérea de carqueja sob a influência de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, 2007.

DUSTIN, C.D.; COOPER-DRIVER, G.A. Changes in phenolic production in the hay-scented Fern (*Dennstaedtia punctilobula*) in relation to resource availability. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 20, n.2, p. 99-106, 1992

FAGUNDES, J.D.; SANTIAGO, G.; MELLO, A.M.; BELLÉ, R.A.; STRECK, N.A. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de vaso (*Helianthus annuus* L.): fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, 2007.

FRANKLIN, O.; CAMBUICA; GRUFFMAN L; PALMROTH S; OREN R; NÄSHOLM T. The carbon bonus of organic nitrogen enhances nitrogen use efficiency of plants. **Plant, cell e environment**, v. 40, n. 1, p. 25-35, 2017.

FREITAS, M.S.M.; MONNERAT, P.H.; VIEIRA, I.J.C. Mineral Deficiency in *Passiflora alata* Curtis: vitexin bioproduction. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, p.1844-1854, 2008.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N.P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química nova**, v. 30, n. 2, p. 374, 2007.

GOMIDE, M.B.; LEMOS, O.V.; TOURINO, D.; CARVALHO, M.M.; CARVALHO, J.G.; DUARTE, C.S. Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. **Ciência Prática**, Lavras, v.1, n.2, p.118-123, 1977.

HAUKIOJA, E.; OSSIPOV, V.; KORICHEVA, J.; HONKANEN, T.; LARSSON, S.; LEMPA, K. Biosynthetic origin of carbon-based secondary compounds: cause of variable responses of woody plants to fertilization? **Chemoecology**, v.8, p.133-139, 1998.

HERMS, D. A.; MATTSON, W.J. The dilemma of plants: to grow or defend. **The quarterly review of biology**, v. 67, n. 3, p. 283-335, 1992.

HUERTA, S.A.; ALVIM, P.T. Índice de area foliar y su influencia en la capacidad fotosintetica del cafeto. **Cenicafé**, Chinchina, v.13, n.2, p.75-84, 1962.

IASON, G. R.; HARTLEY, S. E.; DUNCAN, A. J.; **Biochemical Systematics Ecology**. 21, 315, 1993.

LEITE, G.L.D.; SILVA, F.W.S.; GUANABENS, R.E.M.; FERNANDES, L.A.; FIGUEIREDO, L.S.; SILVA, L.F. NPK and flavonoids affecting insect populations in *Dimorphandra mollis* seedlings. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.34, p.17-22, 2012.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006, 638p.

MATSUSHITA, M.S.; CORRÊA JÚNIOR, C.; SANTOS, A.J.; HOSOKAWA, R.T. Produção e comercialização do guaco (*Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker) na região Sul do Estado do Paraná. **Revista brasileira de plantas medicinais**, Campinas, v.17, n.3, p.351-359, 2015.

MENGUEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Bern, Switzerland: Lang Druck, 685p., 1987.

PEREGRINO, C.A.F.; LEITÃO, S.G. Chromatographical profiles of fluid extracts and tinctures obtained from *Mikania glomerata* Sprengel sterilized by gamma ray irradiation. **Revista brasileira de farmacognosia**, 15: 237-242, 2005.

PEREIRA, A.M.P.; MENEZES JR, A.; CAMARA, F.L.A.; FRANCA, S.C. Influence of fertilizer on coumarin content and biomass production in *Mikania glomerata* Sprengel. **Journal of herbs, spices e medicinal plants**, v. 6, n. 1, p. 29-48, 1998.

PRAIA, A.S.; SILVA, E.F.S.; QUEIROZ, S.A.C. **Compostos Fenólicos**. Programa cooperativo de investigación, desarrollo e innovación agrícola para los trópicos suramericanos. 2014.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/ Potafos, 1991. 343p.

RIVERO, R.M.; RUIZ, J.M.; GARCIA, P.C.; LÓPEZ-LEFEBRE, L.R.; SÁNCHEZ, E.; ROMERO, L. Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. **Plant Science**, 160:315-321, 2001.

RODRIGUES, A.A.C.; BEZERRA NETO, E; COELHO, R.S.B. Indução de resistência a *Fusarium oxysporum* f. SP. *Tracheiphilum* em caupi: eficiência de indutores abióticos e atividade enzimática elicitada. **Fitopatologia Brasileira**. 31:492-499. 2006.

SILVA, J.T.A.; PEREIRA, R.D.; RODRIGUES, M.G.V. Adubação da bananeira 'Prata Anã' com diferentes doses e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.1314-1320, 2012.

VIDAL, L.H.I.; SOUZA, J.R.P.; FONSECA, E.P.; BORDIN, I. "Qualidade de mudas de guaco produzidas por estaquia em casca de arroz carbonizada com vermicomposto." **Horticultura brasileira**, Campinas, SP 24.1 (2006): 26-30.

YANO, G.T.; TAKAHASHI, H.T.; WATANABE, T.S. Avaliação de fontes de nitrogênio e épocas de aplicação em cobertura para o cultivo do trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, p.141-148, 2005.

## CAPÍTULO 5

### EFEITO DE DOSES DE NITROGÊNIO SOBRE PARÂMETROS MORFOLÓGICOS E SÍNTESE DE CUMARINA EM ACESSOS DE GUACO

#### RESUMO

O nitrogênio é dos nutrientes um dos mais importantes para o metabolismo vegetal por fazer parte de uma série de moléculas e participar do processo de síntese de metabólitos secundários, a exemplo das cumarinas. Apesar da reconhecida importância do elemento no processo, escassos são os estudos relacionando fatores nutricionais com a produção de princípios ativos em espécies nativas, a exemplo do guaco (*Mikania glomerata* Spreng). O guaco é uma espécie medicinal nativa da região sul do Brasil utilizada para o tratamento de doenças do trato respiratório por apresentar em sua composição a cumarina (1,2-benzopirona). O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito de doses de adubação nitrogenada, na forma de nitrato de amônio, sobre os valores de parâmetros morfológicos e o teor de cumarina em dois acessos de *M. glomerata* Spreng. O experimento foi conduzido em um sistema de blocos ao acaso, disposto em um arranjo fatorial 2 x 5, sendo os tratamentos representando a combinação de dois acessos de *Mikania glomerata* Spreng., e 5 doses de adubação nitrogenada, incluindo o tratamento testemunha. A adubação de base foi efetuada de acordo com a recomendação para a cultura do maracujá para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A adubação nitrogenada correspondeu a 0 g pl<sup>-1</sup>; 35 g pl<sup>-1</sup>; 70 g pl<sup>-1</sup>; 140 g pl<sup>-1</sup> e 280 g pl<sup>-1</sup>. No momento do plantio, foi aplicado em cobertura 35 g pl<sup>-1</sup> na forma de Nitrato de Amônio, sendo o restante das doses parceladas em 3 vezes, aos 30, 60 e 90 dias após o plantio. O experimento foi conduzido por um período de 18 meses, sendo realizadas duas análises, uma aos 6 meses após o plantio e outra com as plantas que permaneceram 18 meses no campo. Após o período de condução, as plantas foram avaliadas quanto aos seguintes parâmetros: massa seca de folhas, ramos e total; área foliar e teor de cumarina. Em todos os parâmetros analisados e em ambos os períodos de colheita, observou-se efeito quadrático em função das doses de nitrogênio para todas as variáveis analisadas. As doses de nitrogênio influenciaram o teor de cumarina nos acessos avaliados. As doses de máxima eficiência técnica variaram entre os parâmetros avaliados, entre as épocas de corte e entre os acessos. No cultivo realizado por seis meses, os acessos de *Mikania glomerata* Spreng, objetos do estudo, apresentaram valores superiores de cumarina em kg ha<sup>-1</sup> bem como teores de cumarina dentro dos padrões exigidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária quando cultivados nas doses de 130g N pl<sup>-1</sup> para o acesso G1 e de 106g N pl<sup>-1</sup> para o acesso G2. .

**Palavras-chave:** *Mikania glomerata* Spreng., cultivo, fertilizantes, colheita, 1,2-benzopirona.



## EFFECT OF NITROGEN DOSES ON MORPHOLOGICAL PARAMETERS AND SUMMARY OF CUMARINA IN ACCESSES OF GUACO

### ABSTRACT

Nitrogen is one of the most important nutrients for plant metabolism because it is part of a series of molecules and participate in the synthesis process of secondary metabolites, such as coumarins. Despite the recognized importance of the element in the process, there are few studies that relate nutritional factors to the production of active principles in native species, such as guaco (*Mikania glomerata* Spreng). Guaco is a medicinal species native to the southern region of Brazil used for the treatment of diseases of the respiratory tract because it contains coumarin (1,2-benzopyrone). The objective of this work was to evaluate the effect of doses of nitrogen fertilization, in the form of ammonium nitrate, on morphological parameters and coumarin content in two accesses of *M. glomerata* Spreng. The experiment was carried out in a randomized block system arranged in a 2 x 5 factorial arrangement, the treatments representing the combination of two accesses of *Mikania glomerata* Spreng., and 5 doses of nitrogen fertilization, including the control treatment. The basic fertilization was carried out according to the recommendation for passion fruit cultivation for the states of Rio Grande do Sul and Santa Catarina. Nitrogen fertilization corresponded to 0 g pl<sup>-1</sup>; 35 g pl<sup>-1</sup>; 70 g pl<sup>-1</sup>; 140 g pl<sup>-1</sup> and 280 g pl<sup>-1</sup>. At the time of planting, 35 g pl<sup>-1</sup> in the form of Ammonium Nitrate was applied in a cover, and the remainder of the doses were divided in 3 times at 30, 60 and 90 days after planting. The experiment was carried out for a period of 18 months, two analyzes were performed, one at 6 months after planting and the other with the plants that remained for 18 months in the field. After this period, the plants were evaluated for the following parameters: dry mass of leaves, branches and total; Leaf area and coumarin content. In all analyzed parameters and in both harvesting periods, a quadratic effect was observed as a function of the nitrogen rates for all analyzed variables. Nitrogen doses influenced the coumarin content in the evaluated genotypes. The doses of maximum technical efficiency varied between the evaluated parameters, between the cutting times and among the genotypes. In the cultivation carried out for 6 months, the accesses of *Mikania glomerata* Spreng objects of the study showed higher values of coumarin in kg ha<sup>-1</sup> as well as coumarin levels within the standards required by the National Sanitary Surveillance Agency when grown at 130 g N pl<sup>-1</sup> for the G1 accesses and 106g N pl<sup>-1</sup> for the G2 accesses.

**Key words:** *Mikania glomerata* Spreng., , cultivation, fertilizers, harvest, 1,2-benzopyrone.

## 5.1. INTRODUÇÃO

No Brasil, poucos são os estudos relativos ao cultivo de espécies medicinais abordando aspectos relacionados à fertilidade, visto que grande parte do material comercializado, principalmente no caso de espécies nativas, é obtido através do extrativismo (SERRA, et al., 2013).

Em se tratando de nutrição mineral, o nitrogênio é dos nutrientes um dos mais importantes para o metabolismo vegetal por participar da composição de uma série de moléculas, a exemplo dos aminoácidos, proteínas, enzimas, coenzimas e clorofila, sendo que a disponibilidade limitada ou mesmo a deficiência do elemento podem ocasionar redução do crescimento e perdas de rendimento (GIORGI, et al., 2007; KOVÁČIK e BAČKOR, 2007).

Espécies medicinais, quando submetidas a condições limites de fertilidade, apresentam uma ampla variação nos teores de princípio ativo nos órgãos de acúmulo, como no caso dos alcalóides, em que a supressão do nutriente em plantas de tabaco indiano (*Lobellia inflata*) acarreta diminuição nos teores do princípio ativo, enquanto que em papoula (*Papaver somniferum*), este comportamento é inverso (DE MORAES, 2009; MARTINS et al., 1995).

No caso dos compostos fenólicos, e em especial das cumarinas, existe a correlação entre a disponibilidade de nitrogênio no solo e os teores de princípio ativo na planta, indicando que em geral, altos níveis de princípio ativo são encontrados em plantas cultivadas em condições de excesso de nitrogênio (GOBBO-NETO e LOPES, 2007).

Esta variação nos níveis do princípio ativo em resposta a disponibilidade de nitrogênio pode estar relacionada ao aumento na atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (FAL), chave no processo de síntese do metabólito (JONES e HARTLE, 1999).

De acordo com Gobbo-Neto e Lopes (2007), deve-se ainda enfatizar que estudos relacionando a interação dos fatores nutricionais com a produção de metabólitos secundário pelas plantas são bastante escassos e limitados a espécies exóticas, muitas delas originárias de regiões temperadas e com importância econômica, não correspondendo ao comportamento de espécies selvagens ou pertencentes a outros tipos de habitat, a exemplo do Guaco. Com isso, destaca-se a necessidade da realização de

estudos que auxiliem a obtenção de matérias-primas uniformes e de qualidade comprovada.

As cumarinas são uma classe de compostos fenólicos classificadas como lactonas do ácido o-hidroxicinâmico com ampla distribuição dentre as espécies do reino vegetal, a exemplo da camomila (*Matricaria chamomilla*) e guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) (BOLINA et al., 2009; HARBORNE, 1980).

Com aproximadamente 400 espécies distribuídas pelas Américas Central e do Sul, o gênero *Mikania*, ao qual está inserida a espécie *Mikania glomerata* Spreng., pertencente à família *Asteraceae*, e popularmente conhecida como "guaco", "cipó-caatinga", "guaco-cheiroso" e "erva-de-serpente", apresentando ampla distribuição no Brasil, tendo o seu uso autorizado pelo Sistema Único de Saúde (SUS) com a inserção da espécie na Farmacopéia Brasileira (BRANDÃO et al., 2006; RITTER et al., 1992).

Dentre seus diversos usos, o guaco é popularmente indicado para o controle de bronquite, asma e tosse, devido principalmente ao seu efeito broncodilatador, relacionado à presença de cumarina (1,2-benzopirona) (CARVALHO et al., 2008; TALEB-CONTINI et al., 2006; PEREGRINO e LEITÃO, 2005).

Além disto, existem indicações na literatura do uso da espécie para o controle de diarreias (SALGADO et al., 2005), como substância antiinflamatória (FALCÃO et al., 2005) e antimicrobiana (DUARTE et al., 2004).

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito de doses de nitrogênio sobre os valores de parâmetros de crescimento e o teor de cumarina em dois acessos de *Mikania glomerata* Spreng. cultivados por períodos de seis e dezoito meses, no município de Araquari, região norte do Estado de Santa Catarina.

## 5.2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dois acessos de Guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) denominados de G1 e G2, originários respectivamente da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e Fazenda experimental do Instituto Federal Catarinense - Câmpus Araquari.

As exsicatas foram depositadas no herbário do museu botânico Gerdt Hatschbach, da Prefeitura Municipal de Curitiba, sob os números 367612 e 340947, referentes aos acessos G1 e G2, respectivamente.

As estacas, contendo um nó, foram obtidas com um corte em bisel na base e corte reto acima da última gema apical, deixando-as com um comprimento aproximado de 10 cm, sendo mantidas duas folhas na porção apical com sua área reduzida à metade. Para a desinfestação, as estacas foram imersas em solução de hipoclorito de sódio a 0,5% por cinco minutos, com posterior lavagem em água corrente por dois minutos. As bases das estacas foram tratadas com ácido indol butírico (IBA) na concentração de 3000 ppm em solução alcoólica (50%) durante quinze segundos. O plantio foi realizado em sacos para produção de mudas com dimensões de 10 x 18 cm contendo substrato comercial da marca Carolina<sup>®</sup>, composto de turfa de esfagno, vermiculita expandida, calcário dolomítico, gesso agrícola e traços de fertilizante NPK. As estacas foram mantidas por um período de 45 dias em túnel de nebulização (80% UR). A aclimação foi realizada em sombrite (40%) por 10 dias, seguido de pleno sol por igual período antes de se efetuar o plantio.

O plantio foi efetuado na fazenda experimental do Instituto Federal Catarinense, Câmpus Araquari, em um solo classificado como neossolo quartzarênico (JACOMINE, 2009), apresentando as seguintes características químicas na camada arável (0-20cm): pH CaCl<sub>2</sub>: 5,7; SMP: 6,0; Al<sup>3+</sup>: 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>: 4,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup>: 6,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>+</sup>: 1,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup>: 0,22 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB: 7,82 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; T: 12,12 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; P: 195 mg dm<sup>-3</sup>; C: 37,4 g dm<sup>-3</sup>; V%: 65; Ca/Mg: 4,43 e na camada (20-40): pH CaCl<sub>2</sub>: 5,6; SMP: 6,0; Al<sup>3+</sup>: 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>: 5,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup>: 4,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>+</sup>: 1,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup>: 0,10 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB: 5,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; T: 10,70 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; P: 61,2 mg dm<sup>-3</sup>; C: 27,4 g dm<sup>-3</sup>; V%: 53; Ca/Mg: 3,67.

O plantio foi efetuado em sistema de espaldeira com 2,0m de altura e dois fios de arame ovalados, sendo um na extremidade superior, aos 2,0m de altura, e o outro a 1,0m abaixo deste. Entre linhas de plantio, utilizou-se o espaçamento de 3,0m.

Para o plantio, utilizou-se uma muda por cova com espaçamento entre mudas de um metro e altura média das mudas no plantio de 16 cm.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso (DBA) disposto em um arranjo fatorial 2 x 5. Os tratamentos representam a combinação de dois acessos de *Mikania glomerata* Spreng. e cinco tratamentos de adubação, incluindo o tratamento testemunha. Foram utilizadas quatro repetições por tratamento, sendo cada uma desta composta pela média de quatro plantas.

Os tratamentos de adubação consistiram de cinco níveis de nitrogênio: 0; 35; 70; 140 e 280 g planta<sup>-1</sup>, tendo como base a recomendação de adubação para a cultura do Maracujá para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2016).

No momento do plantio foi aplicado em cobertura 35 g planta<sup>-1</sup>, sendo o restante das doses parceladas em 3 vezes iguais, aos 30, 60 e 90 dias após o plantio. A fonte de nitrogênio utilizada foi o nitrato de amônio (30% de N). A adubação de correção com potássio foi efetuada na linha, antes de efetuado o plantio, e incorporada com o auxílio de enxada rotativa.

Os experimentos foram implantados em outubro de 2014, sendo conduzidos por um período de 06 e 18 meses. Regas diárias após o plantio foram realizadas para a manutenção da umidade do solo.

Após o período de condução, as plantas coletadas foram analisadas nos seguintes parâmetros: massa seca de folhas, ramos e total (g planta<sup>-1</sup>); área foliar (m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) e teor de cumarina (mg g<sup>-1</sup>).

Para a determinação da área foliar, utilizou-se o método dos discos, de acordo com estudos de Huerta (1962) e Gomide et al. (1977).

Para a determinação da massa seca de folhas e ramos, amostras representando aproximadamente 10% do peso fresco total das partes foram acondicionadas em sacos de papel pardo e colocadas para secar em estufa de circulação de ar forçado à temperatura de 65 ± 1°C até peso constante. Os valores de massa seca total foram obtidos através da soma dos valores de massa seca de folhas e ramos.

Para a determinação dos valores de cumarina, foram coletadas folhas do 4° ao 10° nós a partir do ápice da planta. De cada folha foram retirados, com o auxílio de um furador, 10 discos com diâmetro de 1cm sendo, posteriormente fragmentados. Os fragmentos resultantes foram passados em peneira (tamiz) de malha 8 (mash) com abertura de 2,36 mm. Amostras de 0,2 g do material vegetal foram colocados em tubos tipo falcon contendo 25ml de álcool metílico P.A. e posteriormente armazenadas em freezer a temperatura de  $-18 \pm 1$  °C para determinação dos teores de cumarina ( $\text{mg g}^{-1}$ ).

O teor de cumarina nos extratos foi determinado por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), utilizando equipamento composto por bomba Shimadzu-LC 10AD; sistema de dados LC-Work Station Class LC-10; detector UV Shimadzu-SPD 10A e forno CTO10AS. Fase móvel acetonitrila : água (40:60 v/v), fluxo 1,0 mL/min, temperatura de 40 °C, detecção em 280 nm, coluna Kinetex LC<sub>18</sub>, 10 cm x 4,6 mm, 2,6 $\mu$ m, injetor manual, volume injetado de 20  $\mu$ L (CELEGHINI et al., 2001).

A quantificação do princípio ativo foi efetuada utilizando-se como padrão externo a cumarina (1,2-benzopirona) da Sigma-Aldrich®. Para a determinação da curva de calibração, amostras nas concentrações de 0,00106; 0,00212; 0,00424; 0,00848 e 0,0127 mg/mL foram injetadas em triplicata em aparelho de CLAE. Calculou-se o teor da cumarina a partir da equação da reta obtida com a curva de calibração. O resultado foi expresso em % de cumarina.

A dose de nitrogênio que proporcionou a máxima eficiência técnica (MET), foi obtida igualando-se a zero a primeira derivada da equação de resposta das variáveis nas quais houve ajuste quadrático as doses de N.

Os resultados foram submetidos à análise de variância. Inicialmente as variâncias dos tratamentos foram avaliadas quanto a sua homogeneidade pelo teste de Bartlett. As variáveis cujas variâncias mostraram-se homogêneas tiveram os efeitos dos tratamentos testados por meio do teste de F. Havendo significância estatística ( $p \leq 0,05$ ), as médias foram submetidos à análise de regressão polinomial através do software estatístico Statgraphics Centurion XV Versão 15.2.11. Os modelos de regressão testados foram o linear e o quadrático. Escolheu-se o modelo com base na significância dos coeficientes de regressão.

### 5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todos os parâmetros avaliados, e em ambos os períodos de colheita, observou-se efeito quadrático em função das doses de nitrogênio para todas as variáveis analisadas.

Os valores de massa seca total, por planta, variaram entre 274 e 932g para os acessos G1 e G2 respectivamente, seis meses após o plantio, e entre 2056 e 3700g aos 18 meses após o plantio (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores de massa seca total (g planta<sup>-1</sup>) de acessos de Guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) cultivados com diferentes doses de nitrogênio, durante 6 e 18 meses após o plantio. Araquari – SC, 2016.

| colheita<br>(meses) | acesso | doses de N (g planta <sup>-1</sup> )       |          |          |          | TEST     |
|---------------------|--------|--|----------|----------|----------|----------|
|                     |        | 35   | 70       | 140      | 280      |          |
|                     |        | massa seca total (g planta <sup>-1</sup> ) |          |          |          |          |
| 6                   | G1     | 495,7 b *                                  | 544,6 b  | 485,4 b  | 274,6 b  | 354,7 b  |
| 18                  | G1     | 1959,2 a                                   | 2056,0 a | 1859,6 a | 1017,0 a | 633,5 a  |
| 6                   | G2     | 801,5 b                                    | 916,0 b  | 931,8 b  | 353,4 b  | 673,2 b  |
| 18                  | G2     | 2902,4 a                                   | 1881,0 a | 3701,4 a | 2633,8 a | 1174,4 a |

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, quando comparado o mesmo acesso, não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Esta diferença nos valores de massa seca total quando se comparam as médias das plantas cultivadas por seis e dezoito meses, pode ser justificada pelo fato de que a colheita realizada aos seis meses após o plantio ocorreu logo após o período inicial de desenvolvimento da cultura, em que parte do nitrogênio aplicado ao solo é direcionado, preferencialmente para a formação do sistema radicular em detrimento do desenvolvimento da parte aérea (CABRAL et al., 2013).

No corte realizado aos dezoito meses após o plantio, as médias dos valores de massa seca total foram superiores as médias obtidas com o tratamento testemunha sem fertilização, bem como em relação ao corte realizado aos seis meses após o plantio, mostrando o efeito positivo da adubação nitrogenada sobre o rendimento de massa seca em *Mikania glomerata* Spreng (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 2.** Valores de massa seca total (g planta<sup>-1</sup>) de acessos de Guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) cultivados com diferentes doses de nitrogênio aos 18 meses após o plantio. Araquari – SC, 2016.

| Acesso | doses de N (g planta <sup>-1</sup> )       |          |          |          | TEST     |
|--------|--|----------|----------|----------|----------|
|        | 35   | 70       | 140      | 280      |          |
|        | massa seca total (g planta <sup>-1</sup> ) |          |          |          |          |
| G1     | 1959,2 a*                                  | 2056,0 a | 1859,6 a | 1017,0 b | 633,5 c  |
| G2     | 2902,4 b                                   | 1881,0 c | 3701,4 a | 2633,8 b | 1174,4 d |

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

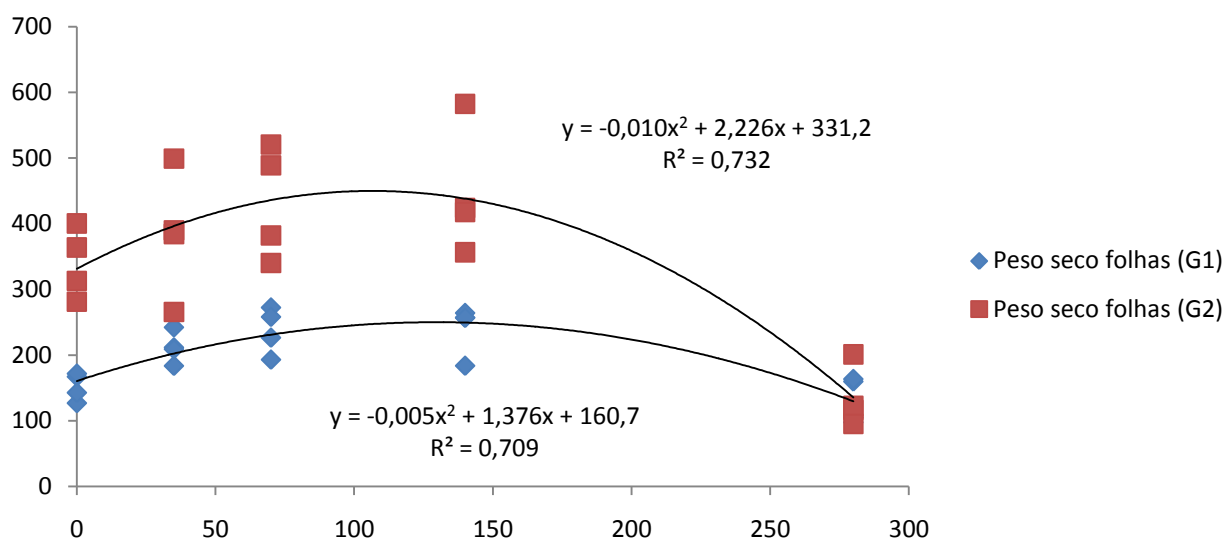
Os resultados obtidos no experimento vão de encontro aos descritos na literatura por Pereira et al. (1998), em experimento avaliando o efeito da adubação nitrogenada sobre a produção de biomassa e conteúdo de cumarina em *Mikania glomerata* Spreng. Neste experimento, os autores observaram um incremento nos valores de massa seca seis vezes superiores no tratamento fertilizado com nitrogênio em relação ao tratamento testemunha.

Dutra et al. (2016), em experimento avaliando o efeito da adubação nitrogenada sobre o crescimento de mudas de umburana (*Amburana cearensis*), espécie medicinal utilizada para o tratamento de doenças do trato respiratório e como anti-inflamatória, observaram efeito positivo da adubação nitrogenada sobre os parâmetros de crescimento para a espécie.

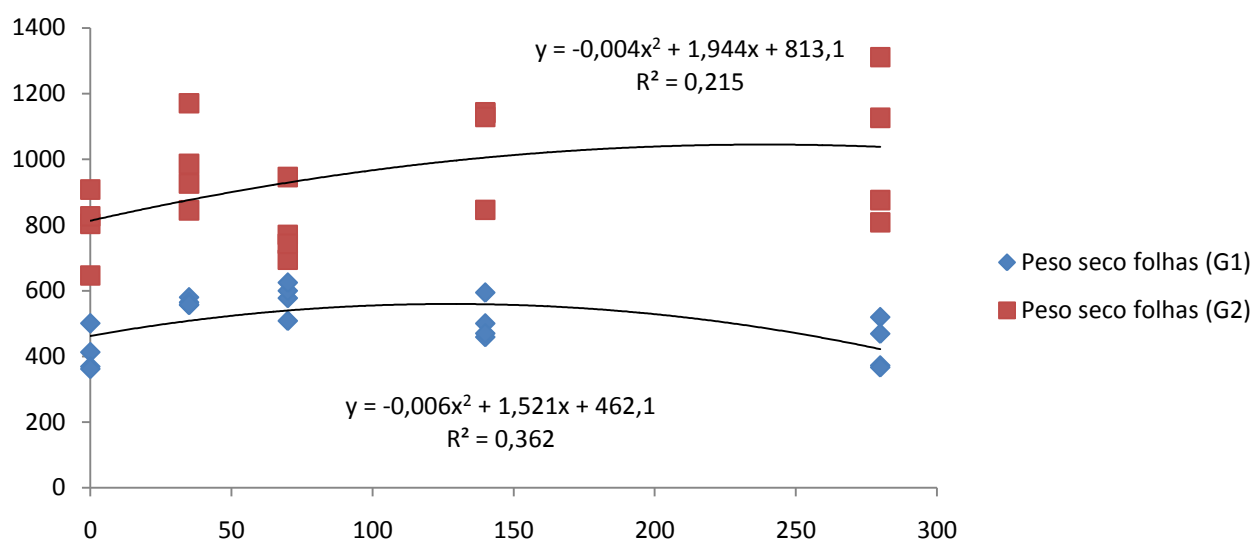
Incrementos nos valores de massa seca da parte aérea em função de doses de nitrogênio são esperados, visto que o nutriente contribui para o crescimento vegetativo das espécies atuando, principalmente, nos valores das taxas de iniciação e expansão foliar, tamanho final de folhas e alongamento do caule (SCHRÖDER et al., 2000).

Para os valores de massa seca de folhas, a dose de máxima eficiência técnica (MET) para o acesso G1, no cultivo realizado por seis meses, foi alcançada com 130 g de N planta<sup>-1</sup> e para o acesso G2 com 106 g N planta<sup>-1</sup>. Nas plantas cultivadas por dezoito meses após o plantio, a dose de MET para o parâmetro e para o acesso G1 foi alcançada com 130 g N planta<sup>-1</sup> e com 240 g N planta<sup>-1</sup> para o acesso G2 (Figuras 1 e 2).





**Figura 1.** Massa seca de folhas (g planta<sup>-1</sup>), de acessos de *Mikania glomerata* Spreng, submetido a diferentes doses de nitrogênio e cultivados por 6 meses. Araquari – SC, 2015.

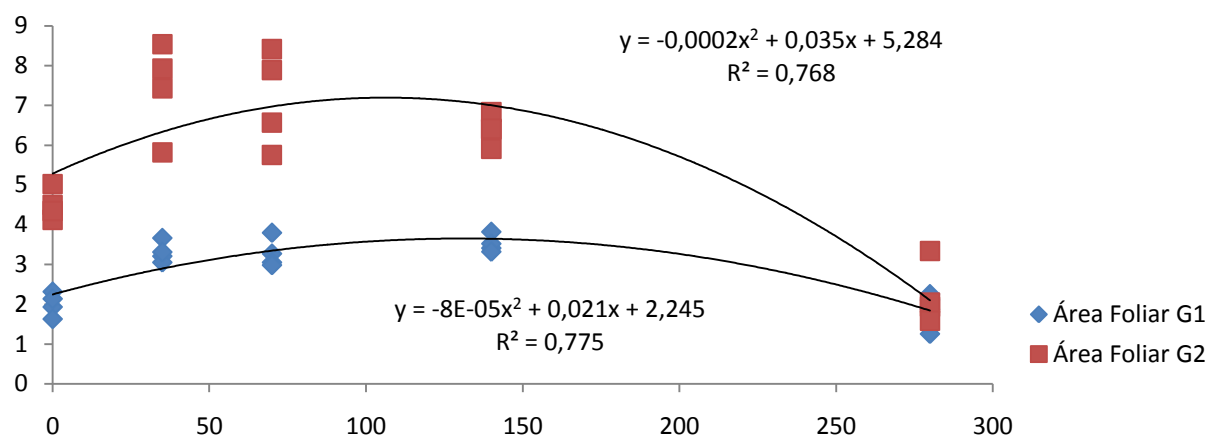


**Figura 2.** Massa seca de folhas (g planta<sup>-1</sup>), de acessos de *Mikania glomerata* Spreng, submetido a diferentes doses de nitrogênio e cultivados por 18 meses. Araquari – SC, 2016.

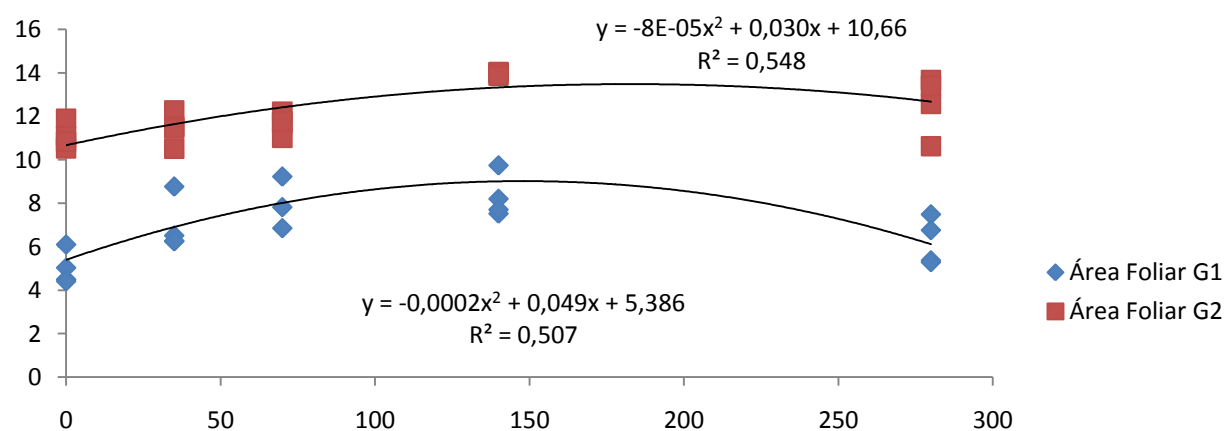
Os valores de área foliar variaram, no cultivo realizado por seis meses em média, de 1,87 a 3,52 m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> para o acesso G1 e de 2,22 a 7,43 m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> para o acesso G2. No cultivo realizado por 18 meses, os valores variaram em média entre 5,0 e 8,9 m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> para o acesso G1 e entre 11,08 e 13,96 m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> para o acesso G2.

Os incrementos nos valores de área foliar entre o cultivo realizado por seis meses em relação ao realizado por 18 meses estão associados ao maior número de folhas com o aumento do tempo de cultivo, o que contribuiu para a melhoria na área de interceptação de luz, com conseqüente incremento na assimilação de carbono, com respostas positivas nos valores de massa seca (CRUZ et al., 2007).

Para os valores de área foliar, a dose de MET para o acesso G1 foi alcançada com 118 g de N planta<sup>-1</sup> e com 106 g de N planta<sup>-1</sup> para o acesso G2 no cultivo realizado por seis meses, e com 147 e 182 g de N planta<sup>-1</sup>, respectivamente, para os acessos G1 e G2 no cultivo por 18 meses (Figuras 3 e 4).

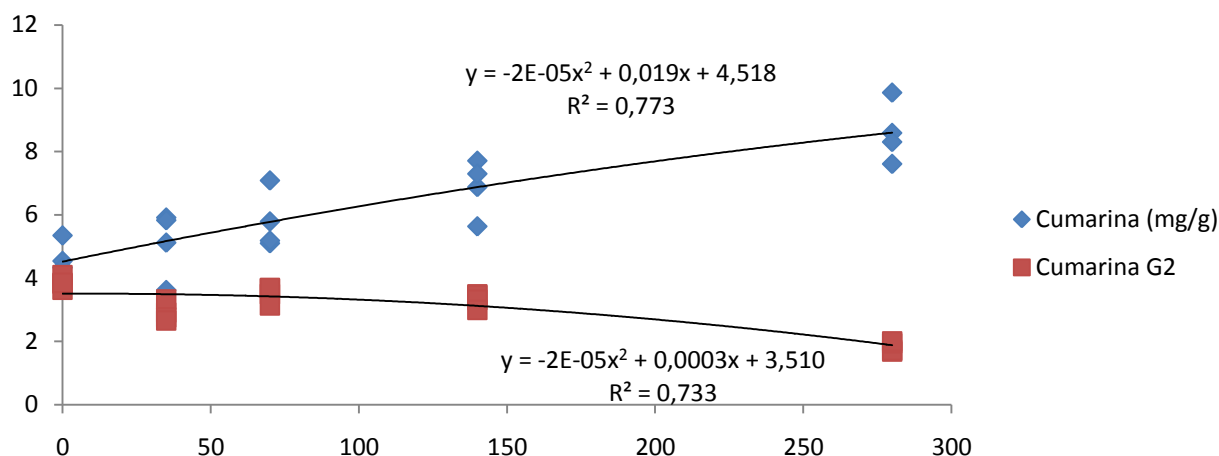


**Figura 3.** Área foliar (m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) de acessos de *Mikania glomerata* Spreng, submetidos a diferentes doses de nitrogênio e cultivados por 6 meses. Araquari – SC, 2015.



**Figura 4.** Área foliar (m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) de acessos de *Mikania glomerata* Spreng, submetidos a diferentes doses de nitrogênio e cultivados por 18 meses. Araquari – SC, 2016.

Os teores de cumarina variaram, entre  $4,54 \text{ mg g}^{-1}$  de tecido fresco no tratamento testemunha sem adubação nitrogenada a  $8,59 \text{ mg g}^{-1}$  no tratamento aonde aplicou-se a dose de  $280 \text{ g de N pl}^{-1}$  para o acesso G1 nas plantas cultivadas por seis meses, e de  $1,84 \text{ mg g}^{-1}$  a  $3,86 \text{ mg g}^{-1}$  para o acesso G2 nas doses de  $280 \text{ g de N pl}^{-1}$  e no tratamento testemunha, sem adubação nitrogenada (Figura 5).



**Figura 5.** Teor de cumarina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) de acessos de *Mikania glomerata* Spreng, submetido a diferentes doses de nitrogênio e cultivados por 6 meses. Araquari – SC, 2015.

Comparando-se os teores de cumarina entre os acessos de *Mikania glomerata* Spreng nos dois períodos de cultivo, observa-se que os valores foram superiores nas plantas colhidas seis meses após o plantio quando comparadas a colheita efetuada aos 18 meses após o plantio, chegando a dez e seis vezes superiores para os acessos G1 e G2 respectivamente na dose de  $35 \text{ g de N planta}^{-1}$  (Tabela 3).

Os primeiros seis meses de desenvolvimento da espécie coincidiram com o período de brotação inicial dos acessos, período este em que as plantas se apresentavam com um grande número de folhas bastante jovens, apesar dos baixos valores de área foliar (Figura 3).

O grande número de folhas jovens e em estágio inicial de desenvolvimento pode justificar o aumento nos níveis do princípio ativo, visto que a síntese de cumarina ocorre, preferencialmente, em folhas jovens e próximas a gema apical, indicando a região meristemática como o provável sítio de síntese do composto, provavelmente relacionado a processos de crescimento e desenvolvimento vegetal (CZELUSNIAK et al., 2012; CASTRO et al., 2003).

Considerando-se uma população de 4000 plantas por hectare, e sem considerar os tratamentos de adubação, o rendimento médio de massa seca de folhas para os acessos G1 e G2 no cultivo realizado por seis meses foram, respectivamente, de 779 e 1390 Kg ha<sup>-1</sup>, ante 1990 e 3730 Kg ha<sup>-1</sup> no cultivo realizado por 18 meses.

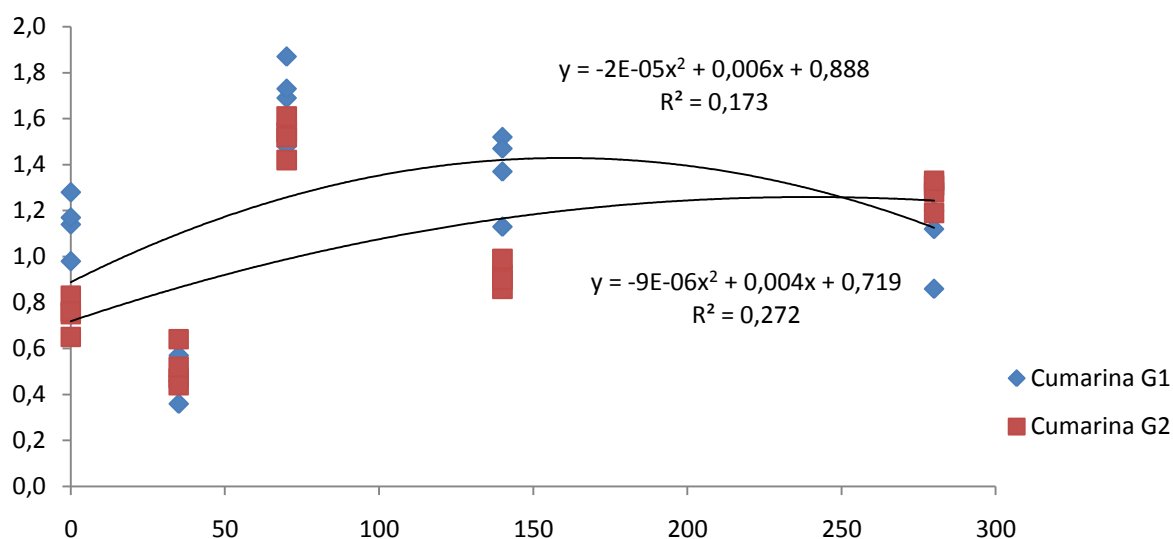
Para o cultivo realizado por seis meses, a dose de MET para os teores de cumarina para os acessos G1 e G2 foram obtidas, respectivamente, com 587 e 7 g de N pl<sup>-1</sup> (Figura 5).

Para o acesso G2, a baixa exigência por nitrogênio no cultivo realizado por seis meses pode estar relacionada à suficiência do elemento disponibilizado pela mineralização da matéria orgânica presente no solo, em torno de 2,7%, visto que o maior teor de cumarina foi obtido no tratamento testemunha, sem fertilização. Na colheita aos seis meses, a dose de MET obtida com a primeira derivada da equação de regressão para o acesso G1 apresentou valores bastante altos, podendo o resultado ser um indicativo da maior exigência do acesso em relação à adubação nitrogenada, para a síntese do metabólito.

Apesar desta tendência, a aplicação de altas doses de nitrogênio geralmente apresentam-se tóxicas para as plantas, interferindo em processos de crescimento, como o acúmulo de matéria seca, pelo fato de o elemento interferir na absorção de outros elementos essenciais para o desenvolvimento vegetal, a exemplo do K, Ca e Mg (MARSCHNER, 2012; SOUZA e FERNANDES, 2006).

No corte realizado aos 18 meses após o plantio, houve variação nos teores de cumarina entre 0,46 e 1,69 mg g<sup>-1</sup> para o acesso G1 e entre 0,52 e 1,52 mg/g para o acesso G2, ambos nas doses de 35 e 70 g N pl<sup>-1</sup> (Tabela 3).

A dose de MET para o parâmetro foi atingida com 160 e 240 g de N pl<sup>-1</sup> para os acessos G1 e G2 respectivamente (Figura 6).



**Figura 6.** Teor de cumarina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) de acessos de *Mikania glomerata* Spreng, submetido a diferentes doses de nitrogênio aos 18 meses após o plantio. Araquari – SC, 2016.

Os valores das doses de MET obtidas no segundo cultivo são superiores as doses recomendadas para a cultura do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Var. *flavicarpa*), utilizada como referência para a adubação dos acessos de *M. glomerata* neste experimento e em solos com teores de matéria orgânica semelhantes.

A produção de metabólitos secundários depende, basicamente, da produção de massa seca e nível de acúmulo do princípio ativo no órgão de interesse, no caso de *M. glomerata* Spreng, nas folhas.

Analisando-se as doses de máxima eficiência técnica para os teores de cumarina em ambos os períodos de colheita, observam-se valores bastante discrepantes entre os acessos quando comparam-se as doses de nitrogênio por planta entre a primeira e a segunda colheitas.

Para o acesso G1, as doses de MET para o parâmetro foram obtidas com 587 e 160g de N planta<sup>-1</sup>, já para o acesso G2 com 7 e 240g de N planta<sup>-1</sup>, valores bastante divergentes e em alguns casos com potencial de causar toxidez as plantas, como na doses de 587 g N planta<sup>-1</sup>, o equivalente a uma quantidade, por hectare, de 2348Kg de N ou 104 sacos de uréia (45% N).

Desta forma, para o cálculo dos teores de cumarina, adotaram-se as doses de MET obtida para os valores de massa seca de folhas em ambos os cortes, ou seja, 130 g de N

planta<sup>-1</sup> para o acesso G1 no primeiro e segundo cortes e de 106 e 240 g de N planta<sup>-1</sup> para o acesso G2 nas mesmas condições.

Considerando-se a dose de máxima eficiência técnica obtida para a produtividade de massa seca de folha e o teor de cumarina e considerando que, de acordo com Corrêa Júnior et al. (2011), no processo de secagem de folhas de guaco, os níveis de cumarina no tecido vegetal sofrem uma redução da ordem de 50% quando comparados os valores obtidos para o parâmetro em relação a base úmida, obteve-se, para o acesso G1 na primeira e segunda colheitas, valores de peso seco de folhas por hectare de 1020 e 2234 kg e para o acesso G2 valores de 1819 e 4197 kg, com um rendimento de cumarina (Kg ha<sup>-1</sup>) de 3,39 e 1,50 para o acesso G1 na primeira e segunda colheitas e de 3,02 e 2,43 para o G2 nas mesmas condições.

Destaca-se que, de acordo com dados da farmacopéia brasileira (2005), os teores mínimos de cumarina para a espécie devem ser de 0,1% para folhas secas, sendo que, nas condições acima descritas, os teores de cumarina foram de 0,33 e 0,16% para os acessos G1 e G2 na primeira colheita e de 0,07 e 0,06% na segunda colheita, respectivamente, neste caso, inferiores ao mínimo recomendado pela legislação.

Desta forma, e com base nos valores de produção de cumarina (Kg ha<sup>-1</sup>) e de % de cumarina no tecido vegetal, recomenda-se a colheita de plantas de *Mikania glomerata* Spreng aos seis meses após o plantio, sendo este efetuado no mês de Outubro, com as doses 130g N planta<sup>-1</sup> para o acesso G1 e de 106g N planta<sup>-1</sup> para o acesso G2.

A análise de correlação entre os parâmetros morfológicos e o teor de cumarina (Kg ha<sup>-1</sup>) não apresentaram resultados significativos, com valores de correlação entre -0,01 para os valores de peso seco total e 0,13 para os valores de área foliar.

#### 5.4. CONCLUSÕES

- Os teores de cumarina variaram em relação às doses de nitrogênio utilizadas, demonstrando o seu efeito na produção de cumarina;
- As doses de máxima eficiência técnica variaram entre os períodos de colheita e entre os acessos;
- Os maiores teores de cumarina foram observados nas plantas colhidas aos seis meses após o plantio;
- As doses de nitrogênio recomendadas para o cultivo variaram entre os acessos avaliados, sendo de 130g N pl<sup>-1</sup> para o acesso G1 e de 106g N pl<sup>-1</sup> para o acesso G2.

## REFERÊNCIAS

BOLINA, R.C.; GARCIA, E.F.; DUARTE, M.G.R. Estudo comparativo da composição química das espécies vegetais *Mikania glomerata* Sprengel e *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 1B, p. 294-298, 2009.

BRANDÃO, M.G.L.; COSENZA, G.P.; MOREIRA, R.A.; MONTE-MOR, R.L.M. Medicinal plants and other botanical products from the Brazilian official pharmacopoeia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, p. 408-420, 2006

CABRAL C.E.A., ABREU J.G. DE, BONFIM-SILVA E.M., CABRAL C.H.A., SCARAMUZZA J.F., SILVA T.J.A. DA. Eficiência de produção e concentração de nitrogênio nos capins marandu, decumbens e convert submetidos à adubação nitrogenada. **Bioscience Journal**. 2013; 29:1653-1663

CARVALHO, A.C.B.; BALBINO, E.E.; MACIEL, A.; PERFEITO, J.P.S. Situação do registro de medicamentos fitoterápicos no Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, p. 314-319, 2008.

CASTRO, E.M.; PINTO, J.E.B.P.; ALVARENGA, A.A.; LIMA JÚNIOR, E.C.; BERTOLUCCI, S.K.V.; FILHO, J.L.S.; VIEIRA, C.V. Crescimento e anatomia foliar de plantas jovens de *Mikania glomerata* Sprengel (GUACO) submetidas a diferentes fotoperíodos. **Ciência e Agrotécnica**, Lavras. V.27, n.6, p.1293-1300, nov./dez., 2003.

CELEGHINI R.M.S.; VILEGAS J.H.Y.; LANÇAS F.M. Extraction and quantitative HPLC analysis of coumarin in hidroalchoolic extracts of *Mikania glomerata* Sprengel (guaco). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 12, n. 6, p. 706-709, 2001.

CORREIA JÚNIOR, C.; SCHEFFER, M.C.; MAGALHÃES, P.M.; GRAÇA, C.; MATSUSHITA, M.S. DESCHAMPS, C. **O guaco (*Mikania laevigata* Schultz Bip. Ex Baker), aspectos agronômicos e fitoquímicos**. Curitiba: Instituto Emater, 36 p.: il. Color, 2011.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; CARVALHO, J. E. B. de; SOUZA FILHO, L. F. da S.; QUEIROZ, D. C. Níveis de nitrogênio e a taxa fotossintética do mamoeiro "Golden". **Ciência Rural**, v.37, p.64-71, 2007.

CZELUSNIAK, K.E.; BROCCO, A.; PEREIRA, D.F.; FREITAS, G.B.L. Farmacobotânica, fitoquímica e farmacologia do Guaco: revisão considerando *Mikania glomerata* Sprengel e *Mikania laevigata* Schulz Bip. ex Baker. **Revista brasileira de plantas medicinais**, Botucatu, v.14, n.2, p.400-409, 2012.

DE MORAIS, L.A.S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, 2009.

DUARTE, M.C.T.; FIGUEIRA, G.M.; PEREIRA, B.; MAGALHÃES, P.M.; DELARMELINA, C. Atividade antimicrobiana de extratos hidroalcoólicos de espécies da coleção de plantas



medicinais CPQBA/UNICAMP. **Revista Brasileira de Farmacognósia**, v. 14 (Supl.1), p. 6-8, 2004.

DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; SARMENTO, M. F. Q.; MATOS, P. S.; DE OLIVEIRA, J. C. Crescimento de mudas de umburana (*Amburana cearensis*) em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. **Agropecuária Científica no Semi-árido**, v. 11, n. 4, p. 42-52, 2016.

FALCÃO, H.S.; LIMA, I.O.; SANTOS, V.L.; DANTAS, H.F.; DINIZ, M.F.F.M.; BARBOSA-FILHO, J.M.; BATISTA, L.M. Review of the plants with anti-inflammatory activity studied in Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognósia**, v. 15, p. 381-391, 2005.

**FARMACOPÉIA BRASILEIRA**. 4.ed., II pt., 6 fasc., 2005. 305p. Disponível em: [http://www.anvisa.gov.br/hotsite/farmacopeiabrasileira/publicacoes/4\\_edicao/parte2/4\\_edicao\\_fasc6.pdf](http://www.anvisa.gov.br/hotsite/farmacopeiabrasileira/publicacoes/4_edicao/parte2/4_edicao_fasc6.pdf). Acesso em: 10 abr. 2017.

GIORGI, A.; MINGOZZI, M.; MADEO, M.; SPERANZA, G.; COCUCCHI, M. Effect of nitrogen starvation on the phenolic metabolism and antioxidant properties of yarrow (*Achillea collina* Becker ex Rchb.). **Food Chemistry**, v. 114, 204-211, 2009.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N.P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374, 2007.

GOMIDE, M.B.; LEMOS, O.V.; TOURINO, D.; CARVALHO, M.M.; CARVALHO, J.G.; DUARTE, C.S. Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. **Ciência Prática**, Lavras, v.1, n.2, p.118-123, 1977.

HARBORNE, J.B. **Plant phenolics**, in: E.A. Bell, B.V. Charlwood (Eds.), secondary plant products, springer-verlag, 1980, pp. 329–402.

HUERTA, S.A.; ALVIM, P.T. **Índice de área foliar y su influencia en la capacidad fotosintética del café**. **Cenicafé**, Chinchina, v.13, n.2, p.75-84, 1962.

JONES, C.G.; HARTLEY, S.E. **A protein competition model of phenolic allocation**, *Oikos* 27 (1999) 27–44.

KOVÁČIK, J.; BAČKOR, M. Changes of phenolic metabolism and oxidative status in nitrogen-deficient *Matricaria chamomilla* plants. **Plant and Soil**, v. 297, 255-265, 2007.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3ª ed. San Diego: Academic Press. 2012.

MARTINS ER; CASTRO DM; CASTELLANI DC; DIAS JE. **Plantas medicinais**. Viçosa: UFV, Imprensa universitária. 22p, 1995.

PEREGRINO, C.A.F.; LEITÃO, S.G. Chromatographical profiles of fluid extracts and tinctures obtained from *Mikania glomerata* Sprengel sterilized by gamma ray irradiation. **Revista Brasileira de Farmacognósia**, v. 15, p. 237-242, 2005.

PEREIRA, A.M.P.; MENEZES JR, A.; CAMARA, F.L.A.; FRANCA, S.C. Influence of fertilizer on coumarin content and biomass production in *Mikania glomerata* Sprengel. **Journal of herbs, spices e medicinal plants**, v. 6, n. 1, p. 29-48, 1998.

RITTER, M.R.; BAPTISTA, L.R.M.; MATZENBACHER, N.I. Asteraceae. gênero *Mikania* Willd. secções Globosae e Thyrsigerae. flora ilustrada do Rio Grande do Sul, n. 21. **Boletim do Instituto de Biociências**, Porto Alegre, n. 50, p. 1-90, 1992.

SALGADO, H.R.N.; RONCARI, A.F.F.; MOREIRA, R.R.D. Antidiarrhoeal effects of *Mikania glomerata* Spreng. (Asteraceae) leaf extract in mice. **Revista Brasileira de Farmacognósia**, v. 15, p. 205- 208, 2005.

SCHRÖDER, J. J.; NEETESON, J. J.; OENEMA, O.; STRUIK, P. C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production?: Reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, v.66, p.151-164, 2000.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; VIEIRA, M. C.; ROBAINA, A. D.; VERONESI, C. O.; NASCIMENTO, J. M.; MATOS, J.M.; CONRAD, V.A.; MORAIS, H.S.; GUIMARÃES, F. C. N. Eficiência nutricional do nitrogênio e produção de biomassa em *Calendula officinalis* L.(Asteraceae) em condições de casa de vegetação. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, Botucatu, v. 15, p. 78-85, 2013.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. - 10. ed. – Porto Alegre, 2016.

SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. **Nitrogênio**. In: Fernandes MS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa; 2006.

TALEB-CONTINI, S.H.; SANTOS, P.A.; VENEZIANI, R.C.S.; PEREIRA, A.M.S.; FRANÇA, S.C.; LOPES, N.P.; OLIVEIRA, D.C.R. Differences in secondary metabolites from leaf extracts of *Mikania glomerata* Sprengel obtained by micropropagation and cuttings. **Revista Brasileira de Farmacognósia**, v. 16 (Supl.): p. 596-598, 2006.

## 6. CONCLUSÕES GERAIS

Avaliando-se o comportamento dos acessos de *Mikania glomerata* Spreng utilizados para os estudos, pode-se concluir que em relação ao efeito dos níveis de radiação UV-A e UV-B no acúmulo de biomassa e produção de cumarina, houve efeito positivo das radiações ultravioleta nos teores do metabólito, sendo os maiores valores observados em folhas coletadas do terço superior da planta, com destaque para o acesso G1. O efeito positivo das radiações ultravioleta nos valores de cumarina não foi observado para os valores dos parâmetros morfológicos avaliados.

Quanto ao efeito das fontes nitrogenadas e suas relações com parâmetros de crescimento, bioquímicos e o teor de cumarina, pode-se inferir que a presença de transportadores específicos na membrana plasmática, além do comportamento iônico dos íons envolvidos, explicam o efeito das fontes de nitrogênio com relação às médias dos parâmetros morfológicos avaliados, sendo que as mesmas não apresentaram efeitos sobre a atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (FAL), não afetando, desta forma, a síntese de cumarina. A ausência de diferenças nos teores de aminoácidos e proteínas no tecido vegetal pode ser explicada pelos níveis de matéria orgânica presente no solo.

Com relação ao efeito de doses de nitrogênio sobre os parâmetros morfológicos e a síntese de cumarina, observou-se que os teores da substância variaram em relação às doses de nitrogênio utilizadas. As doses de máxima eficiência técnica variaram entre os períodos de colheita e entre os acessos avaliados, sendo os maiores teores de cumarina obtidos em plantas colhidas aos seis meses após o plantio e fertilizadas com 130 g N  $\text{pl}^{-1}$ , no caso do acesso G1 e 106g N  $\text{pl}^{-1}$  para o acesso G2.

## REFERÊNCIAS GERAIS

- AGRA, M. D. F., SILVA, K. N., BASÍLIO, I. J. L. D., FREITAS, P. F. D., BARBOSA-FILHO, J. M. Survey of medicinal plants used in the region Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, n.3, p. 472-508, 2008.
- ALI, Z.; GANIE, S. H.; NARULA, A.; ABDIN, M. Z.; SRIVASTAVA, P. S. Organic and inorganic fertilizers influence biomass production and esculin content in *Cichorium intybus* L. **Journal of Phytology**, v. 4, n. 5, 2013.
- AMBLER, J.E.; KRIZEK, D.T.; SEMENIUK P. Influence of UV-B radiation on early seedling growth and translocation of Zn from cotyledons in cotton. **Physiologia Plantarum**, v.34, n.3, p.177- 181, 1975.
- AMOROZO, M.C.M. A abordagem etnobotânica na pesquisa de plantas medicinais. Plantas medicinais: arte e ciência. **Um guia de estudo interdisciplinar. São Paulo: UNESP**, p. 47-68, 1996.
- AMUDHA, P.; JAYAKUMAR, M.; KULANDAIVELU, G. Impacts of ambient solar UV (280–400 nm) radiation on three tropical legumes. **Journal of Plant Biology**, v.48, n.3, p.284–291, 2005.
- ANDRADE, S.F.; CARDOSO, L.G.; BASTOS, J.K. Anti-inflammatory and antinociceptive activities of extract, fractions and populnoic acid from bark wood of *Austroplenckia populnea*. **Journal of Ethnopharmacology**, v.109, n. 3, p. 464-471, 2007.
- BARNES, J.D.; PERCY, K.E.; PAUL, N.D.; JONES, P.; MCLAUGHLIN, C.K.;MULLINEAUX, P.M.; CREISSEN, G.; WELLBURN, A. R.The influence of UV-B radiation on the physicochemical nature of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) leaf surfaces. **Journal of Experimental Botany**, v.47, v.294, p.99-109, 1996.
- BARROS, R.F.M. “Efeito da radiação solar sobre o crescimento e a produção de coumarinas em folhas de *Justicia pectoralis* var. *Stenophylla* Leonard”. 1992. 160p. Dissertação (Mestrado – Área de Concentração em Botânica). Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- BASSMAN, J.H. Ecosystem consequences of enhanced solar ultraviolet radiation: secondary plant metabolites as mediators of multiple trophic interactions in terrestrial plant communities. **Photochemistry and Photobiology**, v. 79, n. 5, p. 382-398, 2004.
- BATES, L.S.; WALDERN, R.P.; TEARE, I.D.; Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant and Soil**, The Hague, v.39. p.205- 207, 1973.
- BEJERANO, P.C.; DIAGO, M.P.; ABAIGAR, J.M.; ZAPATER, J.M.; TARDÁGUILA, J.; OLIVEIRA, E.N. Solar ultraviolet radiation is necessary to enhance grapevine fruit ripening transcriptional and phenolic responses. **BMC Plant Biology**, v.14, n.1, p.1, 2014.

BLOOM, A.J.; SUKRAPANNA, S.S.; WARNER, R.L. Root respiration associated with ammonium and nitrate absorption and assimilation by *barley*. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 99, p.1294-1301, 1992.

BOLINA, R.C.; GARCIA, E.F.; DUARTE, M.G.R. Estudo comparativo da composição química das espécies vegetais *Mikania glomerata* Sprengel e *Mikania laevigata* Schultz Bip. ex Baker. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 1B, p. 294-298, 2009.

BONET M.A. **Estudi etnobotànic del Montseny. Aspectes metodològics. Ponències, anuari del Centre d'Estudis de Granollers**, pp. 133-158, 1998.

BOTSARIS AS. Plants used traditionally to treat malaria in Brazil: the archives of Flora Medicinal. **Journal Ethnobiology and Ethnomedicine**. v. 3: 18, 2007.

BOURGAUD, F., HEHN, A., LARBAT, R., DOERPER, S., GONTIER, E., KELLNER, S., MATERN, U. (2006). Biosynthesis of coumarins in plants: a major pathway still to be unravelled for cytochrome P450 enzymes. **Phytochemistry Reviews**, v.5, n.2-3, p.293-308, 2006.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing principle of protein dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p. 248-254, 1976.

BRAGA, C.M. **Histórico da utilização de plantas medicinais**. 24 f. Trabalho de graduação (Licenciatura em Biologia) – Setor de ciências biológicas. Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

BRAGA, S.O. Uso sustentável da biodiversidade amazônica. In: VELLOSO, J.P.R.; ALBUQUERQUE, R.C. (organizadores). **Amazônia vazia de soluções ? : Desenvolvimento moderno baseado na biodiversidade**. Rio de Janeiro, José Olympio, 2002.

BRANDÃO, M.G.L. Plantas úteis nativas do Brasil na obra dos naturalistas. **Horticultura Brasileira**, Brasília , v. 28, n. 2, June, 2010 .

BRANDÃO, M.G.L.; COSENZA, G.P.; MOREIRA, R.A.; MONTE-MOR, R.L.M. Medicinal plants and other botanical products from the Brazilian official pharmacopoeia. **Revista Brasileira de Farmacognósia**, v. 16, p. 408-420, 2006

BRANDÃO, M.G.L.; ZANETI, N.N.S.; OLIVEIRA, G.R.R.; SILVA, A.K.S.; GOULART, L.O.; OLIVEIRA, M.A.; GRAEL, C.F.F.; SANTOS, A.C.P.; SALIMENHA, M.F.; PIMENTA, D.S.; MESSIAS, M.C.T.B. **Plantas medicinais da Estrada Real**. MG, Biota, v. 1, p. 4-15, 2008

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução nº 89 de 16 de Março de 2004. **Determina a publicação da lista de registro simplificado de fitoterápicos**, Brasília, 2004.

BRASIL. Decreto nº 5.813, de 22 de junho de 2006. **Aprova a política nacional de plantas medicinais e fitoterápicos e dá outras providências.** Disponível em: < <http://portalsaude.saude.gov.br/dicas-de-saude/404.html>>. Genótipo em: 15 jan. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. **Programa nacional de plantas medicinais e fitoterápicos** / Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. – Brasília : Ministério da Saúde, 136 f, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica. **A fitoterapia no SUS e o programa de pesquisa de plantas medicinais da central de medicamentos** / Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. – Brasília : Ministério da Saúde, 148 f, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. **Política nacional de plantas medicinais e fitoterápicos** / Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. – Brasília: Ministério da Saúde, 60 p., 2006.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulation of nitrogen absorption and assimilation in plants. **Ciência rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

BROETTO, F.; CROCOMO, O.J. Ação de luz UV e GA3 sobre a atividade de enzimas do metabolismo secundário em células de cenoura *in vitro*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.7, n.1, p.61-66, 1995.

BRYANT, J. P.; CHAPIN, F.S.; KLEIN, D.R. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. **Oikos**, p. 357-368, 1983

CABRAL C.E.A., ABREU J.G. DE, BONFIM-SILVA E.M., CABRAL C.H.A., SCARAMUZZA J.F., SILVA T.J.A. DA. Eficiência de produção e concentração de nitrogênio nos capins marandu, decumbens e convert submetidos à adubação nitrogenada. **Bioscience Journal**. V.29, p.1653-1663, 2013

CAETANO, R.S.; DE SOUZA, A.C.R.; FEITOZA, L.F. O uso de plantas medicinais utilizadas por frequentadores dos ambulatórios Santa Marcelina, Porto Velho-RO. **Saúde e Pesquisa**, v. 7, n. 1, 2014.

CARVALHO, A.C.B.; BALBINO, E.E.; MACIEL, A.; PERFEITO, J.P.S. Situação do registro de medicamentos fitoterápicos no Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognóssia**, v. 18, p. 314-319, 2008.

CASTRO, E.M.; PINTO, J.E.B.P.; ALVARENGA, A.A.; LIMA JÚNIOR, E.C.; BERTOLUCCI, S.K.V.; FILHO, J.L.S.; VIEIRA, C.V. Crescimento e anatomia foliar de plantas jovens de *Mikania glomerata* Sprengel (GUACO) submetidas a diferentes fotoperíodos. **Ciência e Agrotécologia**, v.27, n.6, p.1293-1300, 2003.

CELEGHINI R.M.S.; VILEGAS J.H.Y.; LANÇAS F.M. Extraction and quantitative HPLC analysis of coumarin in hidroalchoolic extracts of *Mikania glomerata* Sprengel (guaco). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 12, n. 6, p. 706-709, 2001.

CHAKRABORTY, U.; DUTTA, S. e CHAKRABORTY, B. Drough induced biochemical changes in young tea leaves. **Indian Journal of Plant Physiology**, 6:103-106, 2001.

CHANG, X.; ALDERSON, P.G.; WRIGHT, C.J. Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, n. 1, p. 216-223, 2008.

CHEN, R.; ZHENG, W.; CUI, L.; GUO, Y.; SUN, M.; NING, W.; ZHANG, L.; TIAN, J. Comparative proteomic study reveals the biosynthesis of coumarins in leaves of clematis terniflora upon uv radiation. In: 50<sup>TH</sup> ANNIVERSARY METING PHYTOCHEMICAL SOCIETY OF NORTH AMERICA, 2011, Hawaii. **Congress proceedings**. Hawaii: Fairmont Orchid, p.10-15, 2011

COELHO, A. M. **Fertirrigação**. In: COSTA, E.F. da; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.F. (Ed.). Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: EMBRAPA-SPI. p 201-227, 1994.

COLEY, P.D.; BRYANT, J.P.; CHAPIN, F.S. Resource availability and plant antiherbivore defense. **Science**, v. 230, p. 895-900, 1985.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Comissão de Química e Fertilidade do Solo**. - 10. ed.- Porto Alegre, 2016.

CORRÊA JÚNIOR, C.; MING, L.C.; SCHEFFER, M.C. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. Jaboticabal: FUNEP, 162 f., 1994.

CORRÊA JUNIOR, C.; SCHEFFER, M.C. **Produção de plantas medicinais, condimentares e aromáticas no Estado do Paraná**. In: **Complexo agroindustrial das plantas medicinais, aromáticas e condimentares no Estado do Paraná – diagnóstico e perspectivas**. Curitiba: Sociedade Paranaense de Plantas Medicinais: EMATER-PR: Embrapa Florestas, p. 48-68, 2004.

CORRÊA JÚNIOR, C.; SCHEFFER, M.C.; MAGALHÃES, P.M.; GRAÇA, C.; MATSUSHITA, M.S. DESCHAMPS, C. **O guaco (*Mikania laevigata* Schultz Bip. Ex Baker), aspectos agronômicos e fitoquímicos**. Curitiba: Instituto Emater, 36 p.: il. Color, 2011.

CORRÊA, M.F.P.; MELO, G.O.. COSTA, S.S.. Substâncias de origem vegetal potencialmente úteis na terapia da Asma. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, n.1, p.785-797, 2008.

CORREIA, C.M. AREAL, E.L.V., TORRES-PEREIRA, M.S., TORRES-PEREIRA, J.M.G. Intraspecific variation in sensitivity to ultraviolet-B radiation in maize grown under field

conditions: II. Physiological and biochemical aspects<sup>1</sup>Part I-Field Crops Research 59 (1998), 81–89.1. **Field Crops Research**, v.62, n.2, p.97-105, 1999.

CORTÉZ, A.M.P.; BIASI, L.A.; SERRAT, B.M.; NAKASHIMA, T. Extração de nutrientes pela parte aérea de carqueja sob a influência de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, 2007.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; CARVALHO, J. E. B. de; SOUZA FILHO, L. F. da S.; QUEIROZ, D. C. Níveis de nitrogênio e a taxa fotossintética do mamoeiro “Golden”. **Ciência Rural**, v.37, p.64-71, 2007.

CUSSY-POMA, V.; FERNÁNDEZ, E.; RONDEVALDOVA, J.; FOFFOVÁ, H.; RUSSO, D. Ethnobotanical inventory of medicinal plants used in the Qampaya District, Bolivia. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 16, n. 1, p. 68-77, 2017.

CZELUSNIAK, K.E.; BROCCO, A.; PEREIRA, D.F.; FREITAS, G.B.L. Farmacobotânica, fitoquímica e farmacologia do Guaco: revisão considerando *Mikania glomerata* Sprengel e *Mikania laevigata* Schulyz Bip. ex Baker. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.14, n.2, p.400-409, 2012.

DA COSTA, I.B.C; BONFIM, F. P., PASA, M. C.; MONTERO, D. A. Ethnobotanical survey of medicinal flora in the rural community Rio dos Couros, state of Mato Grosso, Brazil. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 16, n. 1, p. 53-67, 2017.

DE MORAIS, L.A.A. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura brasileira**, v. 27, n. 2, 2009.

DEWICK, P.M. **Medicinal natural products: a biosynthetic approach**. 2.ed. London: West Sussex John Wiley & Sons. 507p, 2002.

DO AMARAL, M.P.H.; PIRES VIEIRA, F., LEITE, M. N., DO AMARAL, L. H., PINHEIRO, L. C., FONSECA, B. G.; PEREIRA, M.C.S.; VAREJÃO, E. V. Determinação do teor de cumarina no xarope de guaco armazenado em diferentes temperaturas. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 19, n. 2B, p. 607-611, 2009.

DOS SANTOS, N.P.; PINTO, A.C.; DE ALENCASTRO, R.B. Theodoro Peckolt: naturalista e farmacêutico do Brasil imperial. **Química Nova**, v. 21, n. 5, p. 666-670, 1998.

DOS SANTOS, S.C.; KRUEGER, C. L.; STEIL, A. A.; KREUGER, M. R.; BIAVATTI, M. W.; JUNIOR, A.W.L.C. Characterisation of guaco medicinal extracts, *Mikania laevigata* and *Mikania glomerata*, and their effects on allergic pneumonitis. **Planta Médica**; 72: 679–684, 2006.

DOUKAS, D.P. Greenhouse whitefly (Homoptera: *Aleyrodidae*) dispersal under different UV light environments. **Journal of Economic Entomology**, v. 100, p. 389–397, 2007.



DUARTE, M.C.T.; FIGUEIRA, G.M.; PEREIRA, B.; MAGALHÃES, P.M.; DELARMELINA, C. Atividade antimicrobiana de extratos hidroalcoólicos de espécies da coleção de plantas medicinais CPQBA/UNICAMP. **Revista Brasileira de Farmacognósia**, v. 14 (Supl.1), p. 6-8, 2004.

DUSTIN, C.D.; COOPER-DRIVER, G.A. Changes in phenolic production in the hay-scented Fern (*Dennstaedtia punctilobula*) in relation to resource availability. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 20, n.2, p. 99-106, 1992.

DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; SARMENTO, M. F. Q.; MATOS, P. S.; DE OLIVEIRA, J. C. Crescimento de mudas de umburana (*Amburana cearensis*) em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. **Agropecuária Científica no Semi-árido**, v. 11, n. 4, p. 42-52, 2016.

FAGUNDES, J.D.; SANTIAGO, G.; MELLO, A.M.; BELLÉ, R.A.; STRECK, N.A. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de vaso (*Helianthus annuus* L.): fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, 2007.

FALCÃO, H.S.; LIMA, I.O.; SANTOS, V.L.; DANTAS, H.F.; DINIZ, M.F.F.M.; BARBOSA-FILHO, J.M.; BATISTA, L.M. Review of the plants with anti-inflammatory activity studied in Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognósia**, v. 15, p. 381-391, 2005.

FAO. Food And Agriculture Organization of the United Nations. **Trade in medicinal plants**. Roma, 2004. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/008/af285e/af285e00.HTM>> Genótipo em: 12 dez. 2016.

FARIAS, A. T; LIMBERGER, R.P; SIMÕES PIRES, C.A; HENRIQUES, A.T. **Análise da composição química do óleo volátil de cinco espécies do gênero *Mikania***. In: **Simpósio De Plantas Medicinais do Brasil**, XV. Águas de Lindóia – SP. Anais... São Paulo: UNIFESP, p. 03.195, 1998

**FARMACOPÉIA BRASILEIRA**. 4.ed., II pt., 6 fasc., 2005. 305p. Disponível em: [http://www.anvisa.gov.br/hotsite/farmacopeiabrasileira/publicacoes/4\\_edicao/parte2/4\\_edicao\\_fasc6.pdf](http://www.anvisa.gov.br/hotsite/farmacopeiabrasileira/publicacoes/4_edicao/parte2/4_edicao_fasc6.pdf). Genótipo em: 10 abr. 2017.

FERRAZ, E.O. **Biomassa e produção de óleo essencial de *Achillea millefolium* L. com adubação orgânica e sob radiações UV**. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Agronomia/fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

FERREIRA, S.H. (Org.). **Medicamentos a partir de plantas medicinais no Brasil**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 131 p., 1998.

FILGUEIRAS, C.A.L. Origens da Ciência no Brasil. **Química nova**, v.13, n. 3, p. 222-229, 1990.

FLETCHER, J.M., TATSIPOULOU, A., MPEZAMIHIGO, M., CAREW, J.G., HENBEST, R.G.C., HADLEY, P. Far-red light filtering by plastic film, greenhousecladding materials:

effects on growth and flowering in *Petunia* and *Impatiens*. **Journal of the Horticultural Science Biotechnology**. V. 80, p. 303–306, 2005.

FRANKLIN, O.; CAMBUICA; GRUFFMAN L; PALMROTH S; OREN R; NÄSHOLM T. The carbon bonus of organic nitrogen enhances nitrogen use efficiency of plants. **Plant, cell e environment**, v. 40, n. 1, p. 25-35, 2017.

FREITAS, M.S.M.; MONNERAT, P.H.; VIEIRA, I.J.C. Mineral deficiency in *Passiflora alata* Curtis: vitexin bioproduction. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, p.1844-1854, 2008.

FUCK, S.B.; ATHANÁZIO, J.C.; DE LIMA, C.B.; MING, L.C. Plantas medicinais utilizadas na medicina popular por moradores da área urbana de Bandeirantes, PR, Brasil Herbal remedies used by residents of the urban areas from city of Bandeirantes, Paraná, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 26, n. 3, p. 291-296, 2005.

GANDOLFO, E.S.; HANAZAKI, N. Etnobotânica e urbanização: conhecimento e utilização de plantas de restinga pela comunidade nativa do distrito do Campeche (Florianópolis, SC). **Acta Botânica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 168-177, 2011.

GASPARETTO, J.C.; CAMPOS, F. R., BUDEL, J. M.; PONTAROLO, R. *Mikania glomerata* Spreng. e *Mikania laevigata* Sch. Bip. ex Baker, Asteraceae: estudos agronômicos, genéticos, morfoanatômicos, químicos, farmacológicos, toxicológicos e uso nos programas de fitoterapia do Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 4, p. 627-640, 2010.

GIORGI, A.; MINGOZZI, M.; MADEO, M.; SPERANZA, G.; COCUCCHI, M. Effect of nitrogen starvation on the phenolic metabolism and antioxidant properties of yarrow (*Achillea collina* Becker ex Rchb.). **Food Chemistry**, v. 114, 204-211, 2009.

GIRALDI, M.; HANAZAKI, N.. Uso e conhecimento tradicional de plantas medicinais no Sertão do Ribeirão, Florianópolis, SC, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 24, n. 2, p. 395-406, 2010.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N.P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química nova**, v. 30, n. 2, p. 374, 2007.

GOH, M.P.Y.; BASRI, A. M.; YASIN, H.; TAHA, H.; AHMAD, N. Ethnobotanical review and pharmacological properties of selected medicinal plants in Brunei Darussalam: *Litsea elliptica*, *Dillenia suffruticosa*, *Dillenia excelsa*, *Aidia racemosa*, *Vitex pinnata* and *Senna alata*. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 7, n. 2, p. 173-180, 2017.

GOMIDE, M.B.; LEMOS, O.V.; TOURINO, D.; CARVALHO, M.M.; CARVALHO, J.G.; DUARTE, C.S. Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. **Ciência Prática**, v.1, n.2, p.118-123, 1977.

HAHLBROCK, K.; SCHEEL, D. Physiology and molecular biology of phenylpropanoid metabolism. **Annual review of plant biology**, v. 40, n. 1, p. 347-369, 1989.

HARBORNE, J.B. **Plant phenolics**, in: E.A. Bell, B.V. Charlwood (Eds.), secondary plant products, springer-verlag, 1980, pp. 329–402.

HAUKIOJA, E.; OSSIPOV, V.; KORICHEVA, J.; HONKANEN, T.; LARSSON, S.; LEMPA, K. Biosynthetic origin of carbon-based secondary compounds: cause of variable responses of woody plants to fertilization? **Chemoecology**, v.8, p.133-139, 1998.

HEIJDE, M.; ULM, R. UV-B photoreceptor-mediated signalling in plants. **Trends in Plant Science**, v.17, n.4, p.230-237, 2012.

HERMS, D. A.; MATTSON, W.J. The dilemma of plants: to grow or defend. **The quarterly review of biology**, v. 67, n. 3, p. 283-335, 1992.

HUERTA, A.S. Comparación de métodos de laboratorio y de campo para el área del cafeto. **Cenicafé**, v.13, n.1, p.33-42. 1962.

IASON, G. R.; HARTLEY, S. E.; DUNCAN, A. J.; **Biochem. Syst. Ecol.** 21, 315, 1993.

JACOBY, C.; COLTRO, E.M.; SLOMA, D.C.; MULLER, J.; DIAS, L.A.; LUFT, M.; BERUSKI, P.; RONDON NETO, R.M. Plantas medicinais utilizadas pela comunidade rural de Guamirim, Município de Irati, PR. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 4, n. 1, p. 79-89, 2009.

JONES, C.G.; HARTLEY, S.E. **A protein competition model of phenolic allocation**, *Oikos* 27 (1999) 27–44.

KAYANI, S.; AHMAD, M.; ZAFAR, M.; SULTANA, S.; KHAN, M.P.Z.; ASHRAF, M.A.; HUSSAIN, J.; YASEEN, G.. Ethnobotanical uses of medicinal plants for respiratory disorders among the inhabitants of Gallies–Abbottabad, Northern Pakistan. **Journal of ethnopharmacology**, v. 156, p. 47-60, 2014.

KOVÁČIK, J; BAČKOR, M. Changes of phenolic metabolism and oxidative status in nitrogen-deficient *Matricaria chamomilla* plants. **Plant and Soil**, v. 297, 255-265, 2007.

KRÖNER, A.; MARNET, N.; ANDRIVON, D.; VAL, F. Nicotiflorin, rutin and chlorogenic acid: phenylpropanoids involved differently in quantitative resistance of potato tubers to biotrophic and necrotrophic pathogens. **Plant Physiology and Biochemistry**. v. 57, p. 23-31, 2012.

LEÃO, R.B.A.; FERREIRA, M.R.C.; JARDIM, M.A.G. Levantamento de plantas de uso terapêutico no município de Santa Bárbara do Pará, Estado do Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 88, n. 1, p. 21-25, 2007.

LEITE, G.L.D.; SILVA, F.W.S.; GUANABENS, R.E.M.; FERNANDES, L.A.; FIGUEIREDO, L.S.; SILVA, L.F. NPK and flavonoids affecting insect populations in *Dimorphandra mollis* seedlings. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.34, p.17-22, 2012.

LINGAKUMAR, K.; AMUDHA, P.; KULANDAIVELU, G. Exclusion of solar UV-B (280-315 nm) radiation in vegetative growth and photosynthetic activities in *Vigna aunguiculata* L. **Plant Science**, v.148, n.2, p.97-103, 1999.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Instituto Plantarum, Nova Odessa-SP, 544p, 2002.

LOURENZANI, A.E.B.S.; LOURENZANI, W.L.; BATALHA, M.O. Barreiras e oportunidades na comercialização de plantas medicinais provenientes da agricultura familiar. **Informações Econômicas**, v. 34, n. 3, p. 15-25, 2004.

MADRONICH, S. et al. Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. **Journal of Photochemistry and Photobiology**, v.46, n.1, p.5-19, 1998.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 638p, 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3ª ed. San Diego: Academic Press. 649p., 2012.

MARTINS ER; CASTRO DM; CASTELLANI DC; DIAS JE. **Plantas medicinais**. Viçosa: UFV, Imprensa universitária. 22p, 1995.

MARTINS, E.R.; OLIVEIRA, L.O. Conservação da Poaia (*Psychotria ipecacuanha* Standl.): I-Estratégias de localização de populações e etnobotânica. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 7, n. 1, p. 6-10, 2004.

MATSUSHITA, M.S.; CORRÊA JÚNIOR, C., SANTOS, A.; HOSOKAWA, R. Produção e comercialização do guaco (*Mikania laevigata* Schultze Bip. ex Baker) na região Sul do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 17, n. 3, p. 351-359, 2015.

McCLOUD, E.S.; BERENBAUM, M.R. Stratospheric ozone depletion and plant insect Interactions: effects of UV-B Radiation on foliage quality of citrus jambhiri for *trichoplusia* ni. **Journal of Chemical Ecology**, v.20, n.3, p.525-539, 1994.

MENGUEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Bern, Switzerland: Lang Druck, 685p., 1987.

MORAIS, I.C. Levantamento sobre plantas medicinais comercializadas em Goiânia: abordagem popular (raizeiros) e abordagem científica (levantamento bibliográfico). **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 2, n. 2, 2007.

MORAIS, L. A. S.; CASTANHA, R. F. Composição química do óleo essencial de duas amostras de carqueja (*Baccharis* sp.) coletadas em Paty do Alferes–Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**. v.13, p. 628-632, 2011.

NAPIMOGA, M.H.; YATSUDA, R. Scientific evidence for *Mikania laevigata* and *Mikania glomerata* as a pharmacological tool. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 62, n. 7, p. 809-820, 2010.

NOUCHI, I.; HOBAYASHI, K. Effects of enhanced ultraviolet-B radiation with modulated lamp control system on growth of 17 rice cultivars in the field. **Journal of Agricultural Meteorology**, v.51, n.1, p.11-20, 1995.

OLIVEIRA, F.C.S.; BARROS, R.F.M.; MOITA NETO, J.M. Plantas medicinais utilizadas em comunidades rurais de Oeiras, semiárido piauiense. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 12, n. 3, p. 282-301, 2010.

OSÓRIO C.A., MARTINS J.L.S. 2004. Determinação de cumarina em extrato fluido e tintura de guaco por espectrofotometria derivada de primeira ordem. **Revista Brasileira de Ciência Farmacêutica**, 40: 481-486.

PAUL, N.D.; JACOBSON, R.J.; TAYLOR, A.; WARGENT, J.J.; MOORE, P. The use of wavelength-selective plastic cladding materials in horticulture: understanding of crop and fungal responses through the assessment of biological spectral weighting functions. **Photochemistry and photobiology**. Volume 81, Issue 5, pages 1052–1060, September 2005

PEDROSO, A.P.D. SANTOS, S.C.; STEIL, A.A.; DESCHAMPS, F.; BARISON, A.; CAMPOS, F.; BIAVATTI, M.W. Isolation of syringaldehyde from *Mikania laevigata* medicinal extract and its influence on the fatty acid profile of mice. **Revista Brasileira de Farmacognóia**. 18: 63-69, 2008.

PEREGRINO, C.A.F.; LEITÃO, S.G. Chromatographical profiles of fluid extracts and tinctures obtained from *Mikania glomerata* Sprengel sterilized by gamma ray irradiation. **Revista brasileira de farmacognosia**, 15: 237-242, 2005.

PEREIRA, A. M. S. **Propagação e co-cultivo de células como fatores predisponentes à produção de cumarina em *Mikania glomerata* Sprengel (guaco)**. 82 f. Tese (Doutorado – Área de Concentração em Agronomia) – Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu. 1997

PETRUŠOVÁ, V.; DUČAIOVÁ, Z.; REPČÁK, M.. Short-term uv-b dose stimulates production of protective metabolites in *Matricaria chamomilla* leaves. **Photochemistry and Photobiology**, v.90, n.5, p.1061-1068, 2014.

PINTO, E.P.P.; AMOROZO, M.C.M.; FURLAN, A. Conhecimento popular sobre plantas medicinais em comunidades rurais de mata atlântica–Itacaré, BA, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 20, n. 4, p. 751-762, 2006.

PIRES, M.J.P. Aspectos históricos dos recursos genéticos de plantas medicinais. **Rodriguésia**, p. 61-66, 1984.

PRAIA, A.S.; SILVA, E.F.S.; QUEIROZ, S.A.C. **Compostos Fenólicos**. Programa cooperativo de investigación, desarrollo e innovación agrícola para los trópicos suramericanos. 2014.

RADÜNZ, L.L.; MELO, E. C.; ROCHA, R. P.; BARBOSA, F. F.; SANTOS, R. H. S.; BERBET, P. A. Avaliação das curvas de secagem de guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) em secador de bandejas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 16, n. 2, p. 378-387, 2014.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/ Potafos, 1991. 343p.

RANDRIAMANANA, T. R.; LAVOLA, A.; JULKUNEN-TIITTO, R. Interactive effects of supplemental UV-B and temperature in European aspen seedlings: Implications for growth, leaf traits, phenolic defense and associated organisms. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.93, n.1, p.84-93, 2015.

RENISUS - **Relação nacional de plantas medicinais de interesse ao SUS**. 2009. Ministério da Saúde. Disponível em: <<http://www.plantasmedicinaisfitoterapia.com/plantas-medicinais-do-sus/>>. Acessado em Dezembro de 2016.

RIBEIRO, C.V.C.; KAPLAN, M.A.C. Tendências evolutivas de famílias produtoras de cumarinas em Angiospermae. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 533-538, 2002.

RIO GRANDE DO SUL. **Manual de identificação e cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas**. Porto Alegre: Secretaria da Educação, 79 f., 1993.

RITTER M.R.; MIOTTO, S.T.S. Taxonomia de *Mikania* Willd. (*Asteraceae*) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Hoehnea**. v. 32: 309–359, 2005.

RITTER, M.R.; BAPTISTA, L.R.M.; MATZENBACHER, N.I. *Asteraceae*. gênero *Mikania* Willd. seções Globosae e Thyrsigerae. flora ilustrada do Rio Grande do Sul, n. 21. **Boletim do Instituto de Biociências**, Porto Alegre, n. 50, p. 1-90, 1992.

RIVERO, R.M.; RUIZ, J.M.; GARCIA, P.C.; LÓPEZ-LEFEBRE, L.R.; SÁNCHEZ, E.; ROMERO, L. Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. **Plant Science**, 160:315-321, 2001.

RODRIGUES, A.A.C.; BEZERRA NETO, E; COELHO, R.S.B. Indução de resistência a *Fusarium oxysporum* f. SP. *Tracheiphilum* em caupi: eficiência de indutores abióticos e atividade enzimática elicitada. **Fitopatologia Brasileira**. 31:492-499. 2006.

RODRIGUES, A.G.; DE SIMONI, C. Plantas medicinais no contexto de políticas públicas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v.3, nº255,, p.7-12, 2010.

ROQUE, A.A.; ROCHA, R.M.; LOIOLA, M.I.B. Uso e diversidade de plantas medicinais da Caatinga na comunidade rural de Laginhas, município de Caicó, Rio Grande do Norte

(nordeste do Brasil). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 12, n. 1, p. 31-42, 2010.

SALGADO, H.R.N.; RONCARI, A.F.F.; MOREIRA, R.R.D. Antidiarrhoeal effects of *Mikania glomerata* Spreng. (Asteraceae) leaf extract in mice. **Revista Brasileira de Farmacognósia**, v. 15, p. 205- 208, 2005.

SANTOS, R. I. Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários. In: SIMÕES, C. O. S.; et al. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**, 5. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Universidade/UFRGS/ Ed. Da UFSC. Bibliografia: p. 404-420, 2003.

SANTOS, S.C. **Caracterização cromatográfica de extratos medicinais de guaco: *Mikania laevigata* Schulyz Bip. ex Baker e *Mikania glomerata* Sprengel e ação de *Mikania laevigata* na inflamação alérgica pulmonar.** Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí – SC, 93p., 2005.

SCHMID, J.; AMRHEIN, N. Molecular organization of the shikimate pathway in higher plants. **Phytochemistry**, v. 39, n. 4, p. 737-749, 1995.

SCHREINER, M.; MEWIS, I.; HUYSKENS-KEIL, S.; JANSEN, M. A. K.; ZRENNER, R.; WINKLER, J. B.; O'BRIEN, N.; KRUMBEIN, A. UV-B-induced secondary plant metabolites – potential benefits for plant and human health. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.31, n.3, p.229–240, 2012.

SCHRÖDER, J. J.; NEETESON, J. J.; OENEMA, O.; STRUIK, P. C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production?: Reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, v.66, p.151-164, 2000.

SCIO, E. Cumarinas encontradas no gênero *Kielmeyera*-Família *Clusiaceae*. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 85, n. 1, p. 27-31, 2004.

SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; VIEIRA, M. C.; ROBAINA, A. D.; VERONESI, C. O.; NASCIMENTO, J. M.; MATOS, J.M.; CONRAD, V.A.; MORAIS, H.S.; GUIMARÃES, F. C. N. Eficiência nutricional do nitrogênio e produção de biomassa em *Calendula officinalis* L.(Asteraceae) em condições de casa de vegetação. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais, Botucatu**, v. 15, p. 78-85, 2013.

SGUAREZI, J.G.D.; GONÇALVES, V.F.; ROCHA, T.; MURAKAMI, D.Y.; UZUELLE, M.A.; MOURA, P.R.D. Fitoterápicos na Rede Pública de Saúde (SUS) no Brasil: Um estudo toxicológico de *Mikania glomerata* em fetos de ratas Wistar. **Revista Fitos Eletrônica**, [S.I.], v. 10, n. 4, p. 460-468, maio 2017.

SILVA JÚNIOR, A.A. **Essencia herba – plantas bioativas**. Florianópolis: Epagri. v. 2, 634p., 2006.

SILVA JUNIOR, A.A.; RITTER, M. R.; ZAMBONIM, F. M.; DESCHAMPS, F. C.; TCACENCO, F. A.; BERTOLDI, F.C. Um novo ecótipo de *Mikania glomerata* Spreng.(Asteraceae) rico em óleo essencial no sul do Brasil. 2015. **Revista Fitos Eletrônica**, [S.I.], v. 9, n. 1, p. 19-28, jun. 2015.

SILVA, J.T.A.; PEREIRA, R.D.; RODRIGUES, M.G.V. Adubação da bananeira 'Prata Anã' com diferentes doses e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.1314-1320, 2012.

SILVA, M.I.G.; GONDIM, A.P.S.; NUNES, I.F.S.; SOUSA, F.C.F. Utilização de fitoterápicos nas unidades básicas de atenção à saúde da família no município de Maracanaú (CE). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, n.4, p.455-462, 2006.

SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: UFRGS, 1999.

SOARES, Sergio Eduardo. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de nutrição**, v. 15, n. 1, Campinas, jan. 2002.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. - 10. ed. – Porto Alegre, 2016.

SOUZA, G.S. **Desenvolvimento vegetativo, características anatômicas e fitoquímicas de plantas jovens de duas espécies de guaco, submetidas a diferentes condições de qualidade de radiação**. 118 f. Tese (Doutorado – Área de Concentração em Fisiologia vegetal) – Departamento de Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. **Nitrogênio**. In: Fernandes MS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa; 2006.

STAPLETON, A.E. Ultraviolet radiation and plants: burning questions. **Plant Cell**, v. 4, p.1353–1358, 1992.

SUN, M.; GU, X.; FU, H.; ZHANG, L.; CHEN, R.; CUI, L.; ZHENG, L.; ZHANG, M.; TIAN, J. Change of secondary metabolites in leaves of *Ginkgo biloba* L. in response to UV-B induction. **Innovative Food Science e Emerging Technologies**, v.11, n.4, p. 672-676, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3.ed. Trad. de E.R. Santarém. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TALEB-CONTINI, S.H.; SANTOS, P.A.; VENEZIANI, R.C.S.; PEREIRA, A.M.S.; FRANÇA, S.C.; LOPES, N.P.; OLIVEIRA, D.C.R. Differences in secondary metabolites from leaf extracts of *Mikania glomerata* Sprengel obtained by micropropagation and cuttings. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16 (Supl.): p. 596-598, 2006.

TEVINI, M., TERAMURA, A.H. UVB effects on terrestrial plants. **Photochemistry and Photobiology**. V. 50, p.479–487, 1989.



TSORMPATSIDIS, E.; HENBEST, R. G. C.; DAVIS, F. J.; BATTEY, N. H.; HADLEY, P.; WAGSTAFFE, A. UV irradiance as a major influence on growth, development and secondary products of commercial importance in Lollo Rosso lettuce 'Revolution' grown under polyethylene films. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, n. 1, p. 232-239, 2008.

VEIGA-JUNIOR, V.F. Estudo do consumo de plantas medicinais na Região Centro-Norte do Estado do Rio de Janeiro: aceitação pelos profissionais de saúde e modo de uso pela população. **Revista brasileira de farmacognósia**, v. 18, n. 2, p. 308-13, 2008.

VIDAL, L.H.I.; SOUZA, J.R.P.; FONSECA, E.P.; BORDIN, I. "Qualidade de mudas de guaco produzidas por estaquia em casca de arroz carbonizada com vermicomposto." **Horticultura brasileira**, Campinas, SP 24.1 (2006): 26-30.

VIEIRA, R. C. P. A, COIMBRA, E. S., SIMÕES, A. S., BARRETO, B. B., GOMES, F. V., FERREIRA, F. A. C., MAGALHÃES, J. C., RESENDE, J. A., ALMEIDA, T. V. **O profissional farmacêutico na orientação a população quanto ao uso correto de plantas medicinais e medicamentos fitoterápicos.** In: Anais da II Mostra UFJF, Juiz de Fora: UFJF, p. 50-61, 2006.

VIGO-SCHULTZ, S.C.; STANGARLIN, J. R.; FRANZENER, G.; PORTZ, R. L.; KUHN, O. J.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. Effect of alcoholic extract of guaco (*Mikania glomerata*) on the control of dark rot (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*) in cauliflower. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 4, p. 515-524, 2006.

WHO. **Bulletin of the world health organization.** Regulatory situation of herbal medicines. A worldwide review. Geneva: WHO, 49p., 1998.

YANO, G.T.; TAKAHASHI, H.T.; WATANABE, T.S. Avaliação de fontes de nitrogênio e épocas de aplicação em cobertura para o cultivo do trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, p.141-148, 2005.

YAO, Y.; YOU, J.; OU, Y.; MA, J.; WU, X.; XU, G. Ultraviolet-b protection of ascorbate and tocopherol in plants related with their function on the stability on carotenoid and phenylpropanoid compounds. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.90, n.1, p.23-31, 2015.